

**FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO**



# **Desenvolvimento de um Sistema de Ajuda à Negociação de Contratos de Performance para Medidas de Eficiência Energética**

**Rui Miguel da Silva Azevedo**

Dissertação realizada no âmbito do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Major Energia

Orientador: Prof. Doutor Cláudio Domingos Martins Monteiro

Julho de 2008

© Rui Miguel da Silva Azevedo, 2008

# RESUMO

Devido à crise energética, a nível mundial somos obrigados, cada vez mais, a fazer um uso racional da energia, o que implica, muitas das vezes, a necessidade de substituir equipamentos e fazer um acompanhamento das instalações. Para tomar estas medidas é necessário fazer investimentos, mas nem sempre as empresas têm capacidade financeira ou técnica para os realizar, assim nascem os contratos de performance para medidas de eficiência energética.

Os contratos de performance para medidas de eficiência energética são realizados entre uma empresa prestadora de serviços energéticos e o cliente, que é o proprietário da instalação onde vão ser tomadas as medidas com vista a um uso mais racional e eficiente da energia. A remuneração que o cliente paga à empresa prestadora de serviços energéticos provém das poupanças energéticas que o cliente alcança depois de serem tomadas as medidas de eficiência.

Com vista a agilizar o processo negocial, entre empresa prestadora de serviços energéticos e o cliente, foi desenvolvida uma metodologia de ajuda à negociação de contratos de performance de energia. Esta metodologia permite a criação de contratos de performance rapidamente e de forma automatizada, com elevado nível de detalhe técnico e financeiro, assim como informa o negociador, durante o processo negocial, dos vários parâmetros económicos do projecto. O modelo desenvolvido permite a partilha de custos e proveitos por todos ou apenas por alguns dos intervenientes no processo, permitindo também a alteração da duração do contrato.

A metodologia foi validada num caso real, com a ajuda da aplicação desenvolvida. Nesse caso foram realizadas várias simulações das medidas a implementar, assim como da remuneração dos vários agentes envolvidos (ESCO, cliente, e fundos de investimento). As medidas de eficiência que não apresentavam viabilidade financeira são facilmente identificadas, o que permite não as incluir para a negociação financeira do projecto. Estas simulações permitiram validar a metodologia, e demonstrar a importância de realizar simulações rápidas dos parâmetros económicos durante o processo negocial, que também permite obter os anexos do contrato de forma automática.

## Palavras-chave:

Eficiência energética; Contratos ESCO; ESCO; EPC



# ABSTRACT

Due to the energy crisis, at world level we are forced, more and more, to make a rational use of the energy, what implicates, many of the times the need to substitute equipments and make a monitoring of the installations. To take such measures are necessary investments, but not always companies have financial or technical capacity to execute, thus born the Energy Performance Contracts (EPC).

The EPC are accomplished between an energy company services and the customer, who is the owner of the installations where the measures will be taken towards a more rational and efficient use of energy. The remuneration that the customer paid to the Energy Services Company (ESCO) comes from the energy savings that the customer reaches after being taken measures of efficiency.

In order to expedite the negotiating process, between the ESCO and the client, was developed a methodology to help the negotiation of EPC. This methodology allows the creation of EPC quickly and automated way, with a high level of technical and economic details, and informs the negotiator, during the negotiating process, of the several economic parameters of the project. The developed model allows the sharing of costs and advantages by all or only some of the participants in the process, also allowing change in the duration of the contract.

The methodology was validated in a real case, with the help of the developed application. In that case were carried out simulations of various measures to implement, as well as the remuneration of various stakeholders (ESCO, customer, and investment funds). The efficiency measures that didn't have financial viability are easily identified, which allows not to be including the financial negotiation of the project. These simulations allowed validating the methodology, and demonstrate the importance of conducting simulations of rapid simulations during the negotiating process, which also gives the annexes of the contract in automatic way.

## Keywords

Efficiency Energy, EPC, ESCO, ESCO-Projects, Third Party Financing



# AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer ao meu orientador, o Professor Doutor Cláudio Domingos Martins Monteiro, por toda a disponibilidade, por todo o apoio que me deu, não só durante a realização da dissertação, mas também durante todo o meu percurso académico.

Agradeço também ao Eng.º João Sousa por toda a disponibilidade e ajuda que me prestou ao longo desta dissertação.

Agradeço ao Instituto São José pela colaboração e fornecimento de dados para a realização do caso prático.

Quero agradecer ainda a todos os professores do curso de Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores que me apoiaram e me ensinaram ao longo destes cinco anos.

Quero agradecer aos meus pais e à minha irmã por todo o apoio que sempre me deram e por me terem ajudado nos momentos mais difíceis.

Por último, quero agradecer a todos os meus colegas e amigos pelos bons momentos que passamos nesta faculdade, pela compreensão e motivação que me deram ao longo deste curso.

Rui Miguel da Silva Azevedo





# Índice

ABSTRACT.....	iii
RESUMO .....	v
AGRADECIMENTOS.....	vii
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Abreviaturas Símbolos e Definições.....	xv
1.Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Motivação .....	3
1.3 Objectivos.....	4
1.4 Estrutura .....	4
2.Estado da Arte.....	7
2.1 Tipos de ESCO .....	7
2.2 Fases do Projecto ESCO.....	8
2.2.1 Planeamento .....	9
2.2.2 Implementação .....	9
2.2.3 Monitorização .....	9
2.3 Financiamento.....	9
2.4 Verificação das Poupanças .....	12
2.5 Tipos de Contrato ESCO.....	14
2.6 As ESCO na Europa .....	16
2.6.1 Mercado ESCO em Portugal .....	17
2.7 Resumo .....	18
3.Sistema de Ajuda à Negociação de EPC .....	21
3.1 Descrição .....	21
3.2 Motivação e Objectivos .....	22
3.3 Inserção de Metodologias.....	22
3.3.1 Iluminação .....	23
3.3.2 Medidas Comportamentais.....	24
3.3.3 Motores.....	24
3.3.4 Equipamentos de Frio .....	26
3.3.5 Esquema Geral de Inserção de Medidas de Eficiência Energética .....	26
3.4 Agregação das Soluções.....	27
3.5 Medição & Verificação e Operação & Manutenção.....	28
3.6 Negociação .....	31
3.6.1 Negociação Técnica.....	32
3.6.2 Negociação Financeira .....	33
3.7 Anexo ao Contrato de Performance .....	37
3.8 Resumo .....	38
4. Caso Prático .....	39
4.1 Descrição .....	39
4.2 Identificação das Medidas de Eficiência Energética .....	39

4.3 Negociação do EPC .....	41
4.3.1 Simulação 1.....	41
4.3.2 Simulação 2.....	42
4.3.3 Simulação 3.....	43
4.4 Comparação das Simulações e Conclusão .....	44
5. Conclusões e Trabalhos Futuros.....	47
Referências.....	49
Anexos .....	53
Anexo A - Aplicação inicial da ferramenta desenvolvida .....	54
Anexo B - Funcionalidade para troca de balastros em lâmpadas fluorescentes.....	55
Anexo C - Funcionalidade para troca de lâmpadas .....	56
Anexo D - Funcionalidade para troca de tecnologia de lâmpadas fluorescentes.....	57
Anexo E - Funcionalidade que permite a inserção de qualquer equipamento que não esteja presente na base de dados do sistema .....	58
Anexo F - Funcionalidade de caracterização das medidas comportamentais.....	59
Anexo F - Funcionalidade de substituição de equipamentos de refrigeração .....	60
Anexo G - Funcionalidade de substituição de motores e/ou equipamento de controlo ....	61
Anexo H - Inserção das características dos diferentes grupos de O&M e de M&V.....	62
Anexo I - Negociação de custos e benefícios .....	63
Anexo J - Listagem do equipamento de iluminação existente na instalação do infantário	64
Anexo K - Listagem do equipamento de iluminação existente na instalação do lar de 3 <sup>a</sup> idade .....	65
Anexo L - Anexos do EPC .....	66

# Índice de Figuras

<b>FIGURA 1</b> – DISTRIBUIÇÃO DOS PROVEITOS GERADOS POR MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	2
<b>FIGURA 2</b> – FASES DE UM PROJECTO ESCO.....	8
<b>FIGURA 3</b> – DISTRIBUIÇÃO DOS CUSTOS PELOS SERVIÇOS PRESTADOS [3]. ....	10
<b>FIGURA 4</b> – FINANCIAMENTO À ESCO [11]. ....	11
<b>FIGURA 5</b> – FINANCIAMENTO AO CLIENTE [11]. ....	11
<b>FIGURA 6</b> – SHARED SAVINGS E GUARANTEED SAVINGS. ....	15
<b>FIGURA 7</b> – DISTRIBUIÇÃO DOS PROVEITOS. ....	16
<b>FIGURA 8</b> – DURAÇÃO DO CONTRATO DE PERFORMANCE FACE ÀS POUPANÇAS [3]. ....	16
<b>FIGURA 9</b> – ENTRADAS E SAÍDAS DAS FORMS DE INSERÇÃO DE MEDIDAS.....	23
<b>FIGURA 10</b> – ESTIMAÇÃO DO PARÂMETRO A DA CURVA DE RENDIMENTO.....	25
<b>FIGURA 11</b> – CURVA DE RENDIMENTO DE UM MOTOR DE 5,5 kW EFF1 DE QUATRO PÓLOS. ....	25
<b>FIGURA 12</b> – ESQUEMA GERAL DA INSERÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA. ....	27
<b>FIGURA 13</b> – FORM SOLUÇÕES COM EXEMPLO DE ALGUMAS MEDIDAS DE EFICIÊNCIA. ....	27
<b>FIGURA 14</b> – VALOR ACTUAL LÍQUIDO ACUMULADO AO LONGO DO PROJECTO.....	28
<b>FIGURA 15</b> – ESQUEMA DA NEGOCIAÇÃO. ....	32
<b>FIGURA 16</b> – PARTILHA DOS PROVEITOS ENTRE O CLIENTE E A ESCO. ....	33
<b>FIGURA 17</b> – VALOR FIXO E VALOR VARIÁVEL DURANTE O CONTRATO ESCO. ....	35
<b>FIGURA 18</b> – DISTRIBUIÇÃO DA PERCENTAGEM FIXA E DA PERCENTAGEM VARIÁVEL ENTRE O CLIENTE E A ESCO.....	35
<b>FIGURA 19</b> – GRÁFICO DA TAXA INTERNA DE RENTABILIDADE ESPERADA. ....	37
<b>FIGURA 20</b> – GRÁFICO COM O VALOR ACTUAL LÍQUIDO ESPERADO. ....	37
<b>FIGURA 21</b> – SIMULAÇÃO 1 EVOLUÇÃO DA TIR DE ACORDO COM CENÁRIOS POSSÍVEIS. ....	42
<b>FIGURA 22</b> – SIMULAÇÃO 2 EVOLUÇÃO DA TIR DE ACORDO COM CENÁRIOS POSSÍVEIS. ....	42
<b>FIGURA 23</b> – SIMULAÇÃO 2 EVOLUÇÃO DA TIR DE ACORDO COM CENÁRIOS POSSÍVEIS. ....	43
<b>FIGURA 24</b> – SIMULAÇÃO 2 EVOLUÇÃO DA VAL DE ACORDO COM CENÁRIOS POSSÍVEIS. ....	43
<b>FIGURA 25</b> – SIMULAÇÃO 3 EVOLUÇÃO DA TIR DE ACORDO COM CENÁRIOS POSSÍVEIS. ....	44
<b>FIGURA 26</b> – SIMULAÇÃO 3 EVOLUÇÃO DO VAL DE ACORDO COM CENÁRIOS POSSÍVEIS.....	44
<b>FIGURA 27</b> – FORM INICIAL DA FERRAMENTA DESENVOLVIDA.....	54
<b>FIGURA 28</b> – FORM DE TROCA DE BALASTROS PARA LÂMPADAS FLUORESCENTES. ....	55
<b>FIGURA 29</b> – FORM DE TROCA DE TIPO DE LÂMPADAS. ....	56
<b>FIGURA 30</b> – FORM DE TROCA DE LÂMPADAS FLUORESCENTES T8 PARA T5. ....	57
<b>FIGURA 31</b> – FORM PARA A INSERÇÃO DE QUALQUER EQUIPAMENTO.....	58
<b>FIGURA 32</b> – FORM DAS MEDIDAS COMPORTAMENTAIS. ....	59
<b>FIGURA 33</b> – FORM DE SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTO DE REFRIGERAÇÃO.....	60
<b>FIGURA 34</b> – FORM DE SUBSTITUIÇÃO DE MOTORES E /OU EQUIPAMENTO DE CONTROLO. ....	61
<b>FIGURA 35</b> – INSERÇÃO DE DADOS DE O &M E DE M&V. ....	62
<b>FIGURA 36</b> – FORM DE PARTILHA DE CUSTOS. ....	63
<b>FIGURA 37</b> – FORM DE PARTILHA DE BENEFÍCIOS. ....	63
<b>FIGURA 38</b> – CARGAS DE ILUMINAÇÃO EXISTENTES NA INSTALAÇÃO DO INFANTÁRIO. ....	64
<b>FIGURA 39</b> – CARGAS DE ILUMINAÇÃO EXISTENTES NA INSTALAÇÃO DO LAR.....	65
<b>FIGURA 40</b> – ANEXO FINANCEIRO .....	66

<b>FIGURA 41</b> – ANEXO TÉCNICO PÁGINA 1 DE 7.....	67
<b>FIGURA 42</b> – ANEXO TÉCNICO PÁGINA 2 DE 7.....	68
<b>FIGURA 43</b> – ANEXO TÉCNICO PÁGINA 3 DE 7.....	69
<b>FIGURA 44</b> – ANEXO TÉCNICO PÁGINA 4 DE 7.....	70
<b>FIGURA 45</b> – ANEXO TÉCNICO PÁGINA 5 DE 7.....	71
<b>FIGURA 46</b> – ANEXO TÉCNICO PÁGINA 6 DE 7.....	72
<b>FIGURA 47</b> – ANEXO TÉCNICO PÁGINA 7 DE 7.....	73

# Índice de Tabelas

TABELA 1: SUMÁRIO DO MERCADO DAS ESCOS NA UE .....	17
TABELA 2 : SUMÁRIO DO MERCADO ESCO EM PORTUGAL .....	17



# Abreviaturas Símbolos e Definições

## Lista de Abreviaturas

AQS	Água Quente Sanitária
ARENA-ECO	Centro Ucraniano de Eficiência Energética
ATL	Actividades de Tempos Livres
DOE	U. S. Department of Energy
EDP	Electricidade de Portugal
EFIEES	European Federation of Intelligent Energy Efficiency Services
EPC	Energy Performance Contract
ESCO	Energy Service Company
EU	European Union
EUA	Estados Unidos da América
IPMVP	International Performance Measurement & Verification Protocol
M&V	Medição e Verificação
O&M	Operação e Manutenção
PNAEE	Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética
OREN	Quadro de Referência Estratégico Nacional
TIR	Taxa interna de rentabilidade
TPF	Third Party Financing
VAL	Valor actual líquido

## Lista de símbolos

$\%R_{pg}$	Percentagem do recurso, em que existiu alteração, no proveito fixo do projecto
$\Delta_n$	Variação do custo do recurso = Preço do recurso no ano [n+1] - Preço do recurso no ano [n]

CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
NO <sub>x</sub>	Óxido de azoto
P <sub>n+1</sub>	Proveito fixo no ano [n+1]
P <sub>n</sub>	Proveito fixo no ano [n]
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Enxofre

## Definições

<b>ESCO “Energy service company”</b>	É uma entidade legal que vende serviços de energia e/ ou outras medidas de melhoria da eficiência energética, aceita um grau de risco financeiro sobre o trabalho que realiza. O pagamento dos seus serviços são baseados (em parte ou completamente) nos critérios de desempenho que consegue alcançar através das medidas de eficiência energética [1].
<b>Contrato de performance</b>	É um contrato celebrado entre um beneficiário (cliente) e um provedor (normalmente uma ESCO) para a implementação de medidas de eficiência energética onde os investimentos são pagos contratualmente mediante os níveis de eficiência adquiridos [1].
<b>“Third-party-financing”</b>	É um contrato que envolve uma terceira parte que está disposto a investir o capital na totalidade ou em parte das medidas de eficiência propostas no contrato de performance. O retorno do capital é alcançado através de uma percentagem do valor das poupanças adquiridas pela tomada das medidas de eficiência energética. Esta terceira parte pode ser ou não uma ESCO [1].



# 1.Introdução

## 1.1 Enquadramento

A eficiência energética é uma questão importante para o futuro da humanidade, pois é insustentável manter os actuais níveis de desperdício de energia. A má utilização da energia eléctrica proporciona um desperdício das fontes primárias implicando um consumo desnecessário de combustíveis fósseis, o que pode implicar a criação de danos irreversíveis no meio ambiente tais como alterações climáticas. Para evitar as alterações climáticas a Comunidade Internacional tem vindo a reunir esforços para a eficiência energética [2].

O Plano de Acção para a Eficiência Energética (2007-2012) da Comissão Europeia prevê que até 2020 se consiga obter uma poupança de 20% no consumo de energia primária (comparando com as previsões de consumo de energia para 2020), o que corresponde a uma poupança de cerca de 1,5% por ano até 2020 [3].

A obtenção de poupanças de energia significativas e duradouras implica que para além do desenvolvimento de técnicas, produtos e serviços eficientes do ponto de vista energético, tem de existir por parte dos consumidores uma alteração dos comportamentos, afim de se consumir menos energia mas mantendo os mesmos níveis de qualidade de vida.

Com as medidas de eficiência energética prevê-se que se consiga obter uma poupança de 27% em edifícios residenciais e de 30% em edifícios para uso comercial, enquanto que nas indústrias transformadoras prevê-se que as poupanças possam chegar aos 25% [4]. Com estas poupanças espera poupar-se na União Europeia 390 milhões de toneladas de equivalente petróleo (Mtep) anuais, o que corresponde em diminuir as emissões de CO<sub>2</sub> em 780 milhões de toneladas por ano [4].

O consumo energético em Portugal no ano de 2005 passou para 27 047 156 tep, o que significa um consumo de 51,5 tep por minuto, mas cada vez mais a população tem consciência do impacto do consumo energético na economia [5]. O consumo em Portugal tem aumentado cerca de 146 000 tep por ano [6], sendo que esse aumento se deveu em grande parte ao sector dos transportes [7].

Nos últimos dois anos Portugal conseguiu inverter a tendência de crescimento da intensidade energética das últimas décadas, contudo é necessário acelerar a convergência para a média europeia através do Plano de Acção para a Eficiência Energética. Neste plano foram criados 12 programas nas várias vertentes da eficiência energética [8].

Para as empresas tomarem medidas de eficiência é necessário proceder à troca de alguns equipamentos e inserir novos, a fim de ser possível uma poupança energética. Para este facto é necessário realizar investimentos que podem ser avultados e nem sempre as empresas têm capacidade financeira ou técnica para realizarem estes investimentos. Uma forma de resolver estes problemas é introduzir no mercado empresas do tipo ESCO, Energy Service Companies. Através dos contratos de performance para medidas de eficiência energética celebrados entre as ESCO e o cliente é possível realizar as operações necessárias nas instalações dos clientes de forma a obter um uso mais eficiente da energia eléctrica [9].

Uma ESCO tem o mesmo nível de conhecimento técnico que uma qualquer empresa de consultoria em energia, mas está disposta a arriscar a sua remuneração com as poupanças de

energia geradas pelos projectos que implementa. Assim uma ESCO identifica os desperdícios de energia nas instalações dos clientes e estuda a viabilidade técnica e económica de implementar medidas para aumentar a eficiência no uso da energia [10].

O EPC é um contrato celebrado entre a ESCO e o seu cliente que prevê a implementação de projectos que normalmente englobam várias medidas, que permitem a redução do consumo de energia. Nesse contrato fica definido quem financia o investimento, as condições de implementação e operação das medidas propostas pela ESCO. Define também a duração e o valor das receitas partilhadas, geradas pelo projecto, entre o cliente e a ESCO, uma vez que o contrato é pago pelas poupanças nos custos de energia gerados na sequência do projecto [11].

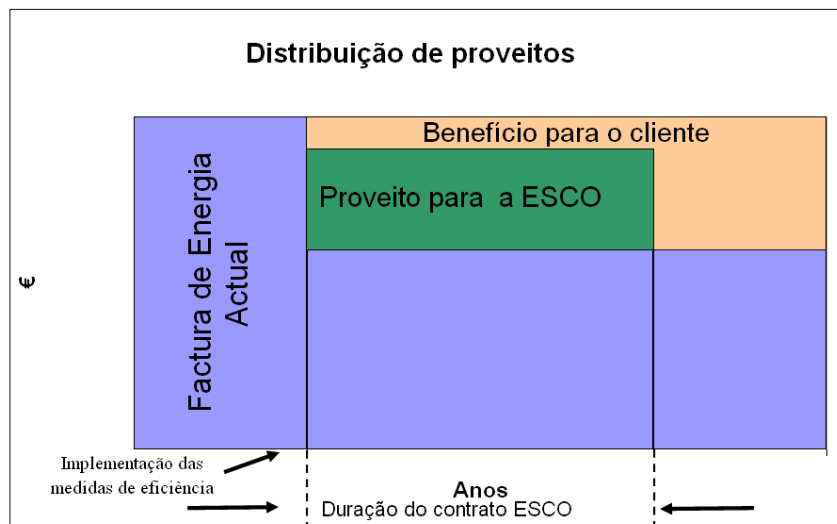


Figura 1 - Distribuição dos proveitos gerados por medidas de eficiência energética.

O conceito ESCO promove soluções inteligentes e medidas que melhoram a rentabilidade das empresas e o aumento da eficiência nos edifícios, através da identificação e eliminação dos desperdícios de energia. No projecto deve ser sempre garantido uma taxa de retorno do investimento, uma vez que o projecto deve ser auto sustentável, remunerando os investimentos com as economias adquiridas pela implementação do projecto [11].

O princípio ESCO aplicado pela primeira vez há mais de 20 anos na América do Norte e alguns anos mais tarde em alguns países Europeus. Desde então tiveram um grande crescimento em muitos países Europeus, também apoiadas pela Comissão Europeia. O objectivo é ajudar a fazer das ESCO um importante recurso nos esforços para implementar medidas de eficiência energética dentro da UE e nos países vizinhos [3].

Na Finlândia, os primeiros serviços de energia baseados no princípio ESCO foram introduzidos no mercado há 20 anos, mas o crescimento deste princípio foi lento, embora a experiência ganha tenha encorajado [3]. Neste momento, existem várias companhias que oferecem serviços ESCO a operar na Finlândia, contudo o modelo ainda não foi extensamente utilizado no estrangeiro, embora a avaliação dos projectos ESCO implementados tenha sido positiva [3]. Os processos contratuais e a obtenção de financiamento podem ser organizados de modo a manter baixos riscos, mesmo assim as características de cada projecto devem ser cuidadosamente analisadas.

Na Áustria, existem cerca de 40 empresas do tipo ESCO, que representam entre 4 a 6% de todos os edifícios de serviços que estão otimizados por EPC. As principais forças de desenvolvimento, da actividade ESCO na Áustria, são as administrações de edifícios públicos, algumas grandes cidades e pequenos e médios municípios [12].

Na Alemanha, já foram concluídos mais de 70.000 contratos ESCO, incluindo mais de 50.000 unidades de geração, representando mais de 5 biliões de euros em investimentos, 46 GW de capacidade térmica e 8 GW de capacidade eléctrica [12]. Neste momento existem aproximadamente 480 empresas do tipo ESCO no mercado alemão, que geram uma receita

anual de 3 biliões de euros. Foram realizados mais de 200 EPC desde o ano de 1995, principalmente para edificios públicos. As fontes de financiamento disponíveis incluem programas de crédito de bancos, agências de eficiência energética e empréstimos fundados em esquemas públicos [12].

A primeira ESCO começou a operar em Itália nos princípios de 1980 fornecendo “serviços de calor”, onde era contratada para fornecer combustível e operar / actualizar caldeiras já implementadas. Também foram instaladas unidades de cogeração em hospitais. O esquema italiano de ESCO combina o comando e controlo de medidas, mercado de equipamentos e mecanismos de tarifa. Existem aproximadamente 15 companhias italianas que se declaram como ESCO. As entidades financeiras, mostram-se bastantes hesitantes em financiar projectos do tipo ESCO [13].

Existem aproximadamente 20 empresas do tipo ESCO a operarem no Reino Unido. As principais ESCO são subsidiárias de grandes companhias internacionais de aprovisionamento de calor e distribuição de equipamento, companhias de combustíveis e *utilities*. As instituições de crédito são muito activas no financiamento de projectos ESCO, devido à grande experiência em financiamento de projectos ESCO. O foco das ESCO no Reino Unido focaliza-se no sector residencial, o programa do Comité de Eficiência requer que todos os distribuidores de electricidade e de gás, com mais de 15.000 clientes, ajudem os seus clientes a tomar medidas de eficiência energética nas suas instalações.

## 1.2 Motivação

Com a necessidade de redução do consumo, através do uso eficiente de energia, para cumprir metas europeias e para reduzir as emissões de gases poluentes para a atmosfera torna-se necessária a existência de empresas que funcionem de acordo com o princípio ESCO, de modo a facilitar a tomada de medidas de eficiência, por parte de empresas consumidoras de energia.

Quando um utilizador de energia contrata uma ESCO não necessita de possuir capital para realizar o investimento para tornar a sua instalação mais eficiente. A ESCO pode garantir os investimentos necessários sem que o cliente necessite de pagar qualquer valor para além do valor que costumava pagar de energia. Depois da ESCO garantir o capital necessário para amortizar o investimento esta sai do projecto deixando as poupanças para o cliente e as medidas implementadas.

Normalmente nos projectos ESCO quem financia ou é o cliente ou a ESCO, sendo que estes podem recorrer a uma outra entidade de financiamento. Por vezes o cliente não possui a totalidade do dinheiro necessário para realizar um contrato de performance que lhe é proposto por uma ESCO. Nestes casos, é necessário criar soluções híbridas em que o financiamento de um projecto possa ser partilhado por ambas as partes envolvidas no contrato, assim como a distribuição do risco do projecto pode ser distribuída por ambas as partes. Outra forma de resolver o problema pode ser o de não implementar a totalidade das medidas previstas, aí devem ser retiradas medidas que tenham menores proveitos para o projecto. Para estas situações é necessário ter uma ferramenta que permita ajudar na realização da negociação das medidas a implementar, assim como na distribuição do investimento e dos benefícios por ambas as partes envolvidas no projecto.

Quando se fala em eficiência energética é necessário que as empresas que a promovem também sejam eficientes quanto aos custos de projecto e de implementação das medidas de eficiência, para que estes custos não sejam uma grande parte do investimento necessário para melhorar a eficiência energética. Para este facto é necessário criar ferramentas que apoiem estas empresas de modo a realizar os contratos de modo mais rápido e eficiente.

Os contratos de performance devem ser detalhados de modo a especificar todas as medidas que irão ser implementadas, assim como as poupanças energéticas que serão alcançadas com a implementação dessas medidas, devem explicar todos os protocolos de medição e verificação, explicando como e onde serão efectuadas as medições das poupanças alcançadas. Para conseguir este nível de detalhe e não comprometer a realização dos contratos é necessária uma ferramenta que permita automatizar e avaliar toda a informação que é necessária à realização de contratos de performance para medidas de eficiência energética.

Normalmente, no final de uma reunião de negociação deste tipo de contratos onde ficam acordados todos os encargos, proveitos e as medidas que serão implementadas é necessário elaborar um contrato que inclua todas as condições negociadas com o cliente. Para elaborar um contrato na hora e no final de uma reunião de negociação é necessário possuir um contrato para assinar, com todos os anexos preenchidos, com a totalidade das medidas implementadas, assim como distribuição de custos e proveitos.

A metodologia estudada e desenvolvida na presente dissertação tenta reunir, numa só, todas as questões técnicas de implementação de medidas de eficiência energética e ainda todo o processo negocial das soluções a implementar, assim como a negociação da distribuição de custos e proveitos de um projecto desta natureza. Desta forma é possível criar uma ferramenta onde seja possível, no final de uma reunião de negociação, assinar de imediato o contrato de performance para medidas de eficiência energética, facto que neste momento não é possível devido à inexistência de ferramentas que sigam esta metodologia.

### 1.3 Objectivos

Criar metodologias de produtividade que permitam às ESCO criar rapidamente e de forma automatizada EPC's com elevado detalhe técnico, detalhe da formulação financeira, detalhe dos procedimentos de medição e verificação, e que proteja a ESCO e o cliente relativamente a alterações da envolvente em que foi criado o contrato. Nesta metodologia existem várias fases.

Numa primeira fase é necessário caracterizar, para cada tipo de tecnologia de consumo, a solução técnica a implementar, estudando a viabilidade económica dessa solução e identificando os riscos contratuais que podem estar associados a esta tecnologia. Pretende-se nesta dissertação estudar uma metodologia de negociação de contratos de eficiência, para tal são estudadas algumas medidas e tecnologias que promovem a eficiência energética, devido à inexistência de tempo e espaço para estudar todas as tecnologias de eficiência energética.

É necessário criar procedimentos metodológicos de negociação entre a ESCO e o cliente, nesta fase a metodologia deve adaptar e escolher o conjunto de medidas de eficiência (verificadas na fase anterior) de acordo com os requisitos do cliente, mas sempre sobre a orientação negocial do agente da ESCO. A ferramenta aqui desenvolvida deve ajudar o agente da ESCO a ver e a analisar as diversas variáveis e perspectivas do problema. Também é negociado o pacote de medidas de eficiência, o número e localização dos aparelhos de medição, assim como o protocolo de medição e verificação.

Definida a solução técnica, nas fases anteriores, é necessária uma metodologia para a definição da solução financeira. Nesta fase, apresenta-se uma metodologia capaz de formalizar qualquer tipo de EPC, quanto à fonte de financiamento, partilha de riscos e partilha de benefícios. Também se pretende que a metodologia seja capaz de apoiar o agente ESCO no processo de negociação segundo as diversas perspectivas e variáveis do problema.

Finalmente, a metodologia será implementada numa ferramenta que deve ser capaz de criar o documento do EPC de forma automatizada, integrando aspectos genéricos do contrato bem como as especificidades técnicas e financeiras a este associadas. Estes automatismos garantem uma elevada produtividade de um processo complexo, assim como um elevado detalhe.

### 1.4 Estrutura

Esta dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos distintos, constituindo a presente introdução o primeiro desses capítulos.

No segundo capítulo é descrito o estado da arte dos contratos de performance para medidas de eficiência energética efectuados pelas ESCO. São definidos os tipos de ESCO que existem assim como as diversas fases de um projecto do tipo ESCO. São abordados também diferentes tipos de contratos ESCO, assim como questões de financiamento de projectos ESCO e diferentes métodos de verificação das poupanças. Avalia-se brevemente o mercado na Europa e em Portugal.

No terceiro capítulo é apresentada a ferramenta de ajuda à negociação que foi criada assim como toda a metodologia que é implementada na ferramenta. É neste capítulo, que são

apresentados os esquemas de partilha de custos e de proveitos resultantes de um projecto ESCO, assim como os diferentes esquemas da medição e verificação das poupanças. É explicado o que é inserido no anexo ao contrato de performance.

No quarto capítulo é apresentado um caso prático de negociação com a ferramenta criada na presente dissertação.

Finalmente, na última parte, capítulo 5, são apresentadas as diversas conclusões obtidas através da presente dissertação e são identificadas algumas perspectivas de desenvolvimentos futuros.

São ainda criados 13 anexos, onde são apresentadas as imagens das funcionalidades da ferramenta desenvolvida, tabelas com a listagem do equipamento de iluminação existente na instalação analisada no caso prático. Contém ainda um anexo onde estão presentes os anexos do contrato de performance criados pela ferramenta desenvolvida.



## 2. Estado da Arte

### 2.1 Tipos de ESCO

Para a implementação de um projecto ESCO são necessárias diversas capacidades tais como conhecimento teórico sobre tecnologias e sistemas de energia, experiência em projectos de poupança energética, engenharia de custo entre outras. Para além destas capacidades é necessário possuir conhecimento sobre engenharia financeira, capacidade de administração de projectos e ainda capacidade e experiência de instalação. Não é necessário que uma ESCO, que assuma um dado projecto possua todas estas capacidades, pode subcontratar outras ESCO ou empresas de instalação de equipamento para realizar o projecto ou parte deste, contudo apenas uma ESCO celebra um contrato de performance com o cliente. A ESCO que celebra o contrato com o cliente tem de realizar a administração do projecto e das questões financeiras [3].

Existem várias formas para identificar diferentes ESCO. No *International Review of ESCO-activities* [3] refere-se que o modo como as ESCO financiam os seus projectos não é um critério básico de classificação, mas sim o que executa autonomamente e o que subcontrata. Sendo assim apresenta quatro tipos de ESCO a *Broker-ESCO* que subcontrata toda a parte de engenharia, de instalação e de equipamento a outras empresas externas. A *Consulting-ESCO* tem a capacidade de desenvolver os projectos de engenharia mas não tem a experiência na instalação dos equipamentos. A *full-scale ESCO* tem dentro de si todas as capacidades essenciais ao projecto. Por fim apresenta o conceito de *SuperESCO* que foi introduzido nos Estados Unidos e significa uma companhia que inclui o fornecimento de energia aos seus clientes [3].

A London Energy Partnership define ESCO como uma entidade cujo objectivo é aumentar a eficiência energética para obter uma poupança energética e reduções de emissões de CO<sub>2</sub> ou opera ou administra projectos que levam à poupança energética. Esta entidade agrupa as ESCO de maneira bastante diferente da Motiva, agrupa as de acordo com o sector em que operam, se têm apoios do sector público, se operam no sector publico ou privado e se os benefícios são para o sector público ou privado [14]. Assim cria cinco agrupamentos diferentes:

- Gerida pelo sector público sem ou com pouco envolvimento do sector privado;
- Gerida pelo sector público com o envolvimento do sector privado em planeamento e construção;
- Gerida pelo sector público, mas opera pelo sector privado embora não opere completamente nos princípios de contratos de performance de energia;
- Gerida pelo sector publico ou pelo sector privado e funciona com os princípios de contratos de performance;
- Gerida pelo sector privado com ou sem apoios do sector público.

Existem ESCO que são criadas por fabricantes de equipamentos e provedores, por instituições financeiras ou por empresas de distribuição e comercialização de energia.

No futuro, as ESCO poderão ser classificadas pelos mercados em que operam e pelas tecnologias que operam, assim podem existir empresas ESCO que cubram toda a construção de edifícios, quer em sistemas eléctricos como em mecânicos ou ESCO que apenas se dediquem a uma tecnologia como iluminação ou aquecimento [3].

Os serviços ESCO são normalmente aplicados a uma tecnologia específica dentro de um edifício, mas os contratos de eficiência EPC (Energy Performance Contract) são aplicados a um edifício inteiro ou mesmo a um conjunto de edifícios podendo agregar todas as medidas que são consideradas com vista à eficiência energética no edifício [15].

O conceito ESCO pode ser aplicado de muitas formas diferentes, não tem de ficar apenas pela substituição de equipamentos antigos pouco eficientes por equipamentos para o mesmo fim mas mais eficientes, pode também ser aplicado em edifícios novos ou mesmo na adição de equipamentos de controlo que diminuam as perdas consideravelmente [16].

Os projectos ESCO podem ser aplicados em situações que o cliente não tenha o capital necessário para realizar o investimento, ou para clientes que não pretendem correr o risco do investimento sozinhos [17]. Ainda existem clientes que não possuem capacidade financeira nem técnica para implementar a totalidade dos projectos sozinhos [18]. Os projectos ESCO são muitas vezes a forma de um cliente ter um tutor energético especializado em aspectos financeiros e técnico de energia, que lhe permite obter sempre a máxima eficiência energética possível.

## 2.2 Fases do Projecto ESCO

Um projecto ESCO é constituído por três fases, considerando que existe sempre uma fase anterior ao projecto, uma auditoria energética, esta não tem obrigatoriamente que ser efectuada pela ESCO. Esta fase tem de ser paga pelo cliente, pois ainda não existe qualquer contrato nem é possível estabelecer-lo, pois ainda não se sabe quais os benefícios que se podem obter na instalação do cliente [19].

Existem casos em que não é necessário existir uma auditoria preliminar ao projecto se o cliente possuir dados do sistema, se o sistema tiver sido alvo de um estudo detalhado ou tiver um projecto de implementação [13]. Se o projecto ESCO apenas se limitar a trocar um equipamento ou parte deste não é necessária uma auditoria geral ao edifício. O esquema de um projecto ESCO pode ser visualizado na Figura 2.

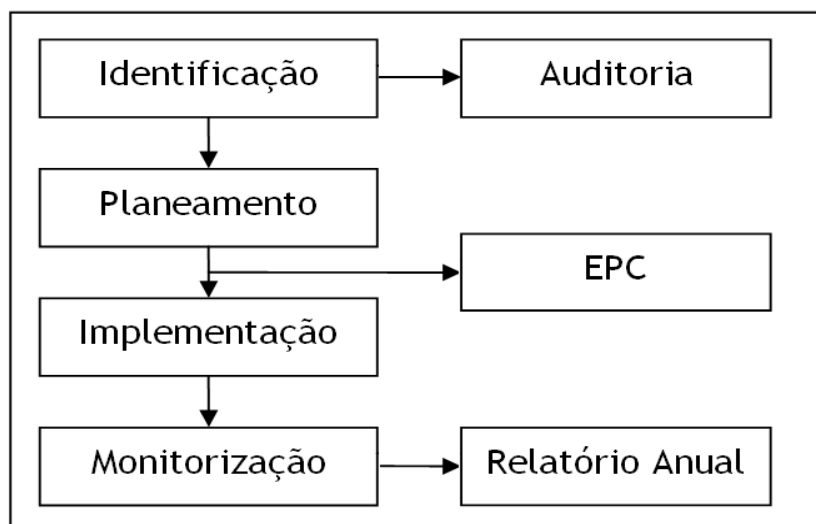


Figura 2 - Fases de um projecto ESCO.



### 2.2.1 Planeamento

A fase de planeamento baseia-se nos resultados da auditoria realizada anteriormente, esta fase pode ser incluída no contrato ESCO ou pode ser deixada de fora do contrato [3]. O plano de projecto indica qual o montante de investimento necessário a realizar por ambas as partes e toda a informação relevante para ser possível tomar uma decisão para a implementação do projecto ESCO [15]. É de esperar que quando se realiza um investimento pequeno, as poupanças energéticas esperadas sejam pequenas enquanto que se for investido um grande montante é de esperar poupanças maiores [3].

Na fase de planeamento, o cliente e a ESCO fazem um contrato para planear a compensação para a ESCO pelos serviços que vão ser prestados nesta fase. Através de cálculos de engenharia deve ser possível obter as poupanças esperadas e com o tempo de vida dos equipamentos é possível calcular a rentabilidade esperada para o projecto. No caso da ESCO não conseguir obter a poupança energética prevista na auditoria esta pode sair do projecto sem qualquer encargo para o cliente [3].

No final desta fase o cliente e a ESCO já possuem informação suficiente para realizarem um contrato de performance (EPC), onde se define a remuneração para a ESCO, qual o proveito para o cliente e quanto tempo as poupanças energéticas vão ser partilhadas com a ESCO, se for esse o caso. Contudo, no final desta fase não é necessário que se passe automaticamente à implementação do projecto, nesse caso o cliente terá de efectuar o pagamento que foi previsto anteriormente. Se o cliente passar de imediato à fase de implementação do projecto os custos de planeamento são automaticamente incluídos no projecto de implementação [3].

### 2.2.2 Implementação

No início desta fase é realizado um contrato de performance entre o cliente e a ESCO em que o cliente conhece quais serão os proveitos, bem como as formas de financiamento do projecto. No contrato são referidas todas as medidas que serão executadas e qual vai ser o benefício em termos de poupança com cada uma das medidas [17].

No caso do cliente apenas contratar a ESCO no início da fase de implementação, o cliente tem de assumir a responsabilidade pela fase de engenharia ou então o processo tem de voltar para a fase de planeamento para analisar as poupanças energéticas. Este facto depende do risco que a ESCO está disposta a partilhar e do nível de risco que impõe nos seus cálculos.

Nesta fase, inicia-se o processo de monitorização dos consumos para depois verificar os ganhos energéticos [3].

### 2.2.3 Monitorização

Depois de implementar o projecto torna-se necessário efectuar a medição das poupanças energéticas efectivamente obtidas, para comparar com os valores previstos. Dependendo do tipo de contrato que foi efectuado entre a ESCO e o cliente, a remuneração do contrato pode ser definida através de cálculos, através de um método de medição que foi acordado entre as partes envolvidas no contrato ou pode ser ainda através de medições contínuas [20].

Os custos da monitorização do projecto devem ser incluídos nos custos do projecto [17].

A ESCO prepara um relatório anual com as poupanças alcançadas e a quantia que o cliente tem de pagar à ESCO para pôr termo ao contrato [21].

## 2.3 Financiamento

O financiamento de um projecto ESCO é sempre uma questão que pode provocar alguma preocupação por parte da ESCO, pois também é necessário adquirir garantias para o projecto em questão [3].

O financiamento para um projecto é normalmente visto como um dos principais entraves para a expansão de um negócio ESCO. Nesta altura, já existem instituições internacionais

(International Financial Institutions, IFIs) que apoiam projectos ESCO, pois facilitam às ESCO uma série de serviços financeiro e podem mesmo adquirir projectos ESCO que já se tenham iniciado [22] [13].

De acordo com informações de associações de ESCO norte-americanas os tempos de retorno típicos para os projectos ESCO situam-se entre os 4 e os 10 anos [16].

Nos EPC os critérios de pagamento à ESCO, pelos serviços prestados, por parte do cliente têm de ser negociados consoante o custo de implementação do projecto e a verificação das poupanças obtidas pelo projecto [17].

Os custos de projecto ESCO podem ser divididos em três grupos sendo que a percentagem do custo de cada um face ao custo global do projecto distribuem-se da seguinte forma:

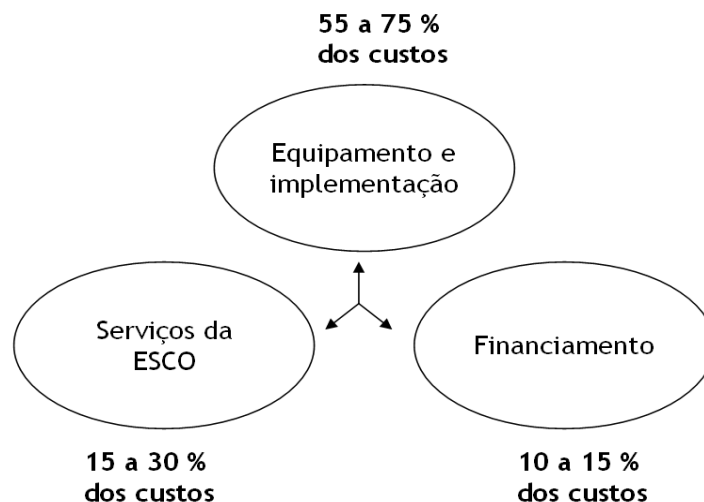


Figura 3 - Distribuição dos custos pelos serviços prestados [3].

Os projectos ESCO têm um investimento típico de 100.000 €, o que torna difícil as empresas pequenas conseguirem financiamento para os projectos em que estão envolvidas [3].

Existem várias formas de financiamento para os projectos ESCO, uma delas é recorrer a uma terceira entidade para financiar o projecto, esta pode financiar directamente o cliente ou a ESCO. A este tipo de financiamento chama-se *Third Party Financing (TPF)*. Neste caso o financiamento pode ser liquidado pelas poupanças obtidas através do contrato de performance ou se o projecto implementado não gerar as receitas suficientes pode ser liquidado pela entidade que pediu o financiamento [23].

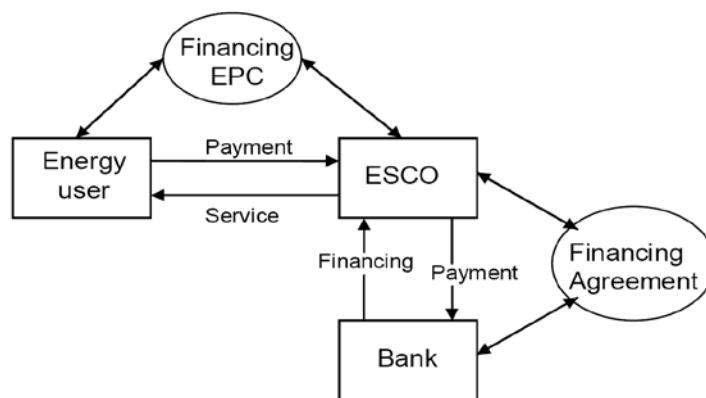


Figura 4 - Financiamento à ESCO [11].

No esquema anterior de TPF o cliente não investe, apenas partilha os benefícios resultantes da implementação das medidas de eficiência energética. É a ESCO que corre os riscos de financiamento e do desempenho das medidas.

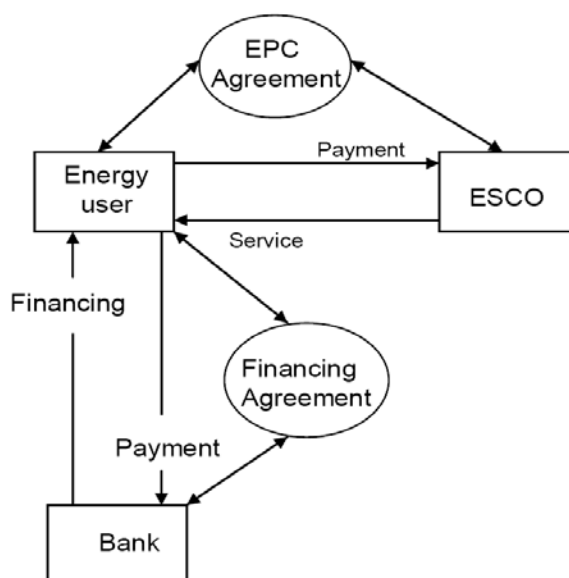


Figura 5 - Financiamento ao Cliente [11].

Neste esquema de TPF, o cliente está disposto a correr riscos de financiamento e de desempenho das medidas. Neste modo de financiamento, a ESCO apenas arrisca a sua remuneração através do desempenho das medidas implementadas.

Para a remuneração da ESCO existem basicamente duas formas de a obter: um preço fixo ou o princípio do livro aberto [3]. O preço fixo significa que quem assume o risco do investimento é a ESCO, ficando o cliente com uma pequena parte das poupanças [24].

No princípio do livro aberto, o preço alvo é calculado de acordo com o investimento, incluindo uma certa tolerância sem causar qualquer obrigação de qualquer parte envolvida no contrato. A consequência deste método pode ser o prolongamento ou uma redução no tempo de duração do contrato de performance. Este princípio permite ao cliente saber quanto tem de pagar à ESCO para esta abandonar o projecto, isto é, qual é a quantia que a ESCO tem de receber para pagar todos os encargos financeiros [3].

## 2.4 Verificação das Poupanças

A verificação das poupanças implica a medição da eficiência realmente obtida, pois quando uma empresa investe quer saber quanto economiza e quanto tempo vão durar essas poupanças energéticas, pois estas dependem do tempo de vida dos equipamentos e da operação e manutenção [25].

*"You cannot manage what you do not measure"* - Jack Welch, CEO of General Electric

É de acordo com o contrato entre o cliente e a ESCO que são definidos os critérios como se realizam as verificações das poupanças. Pode ser acordado entre as partes os modos como vão realizar alterações ao contrato se considerarem mais vantajoso. O método mais apropriado para verificar as poupanças depende das características de cada caso e dos custos que envolveu. O método de verificação está relacionado com o pagamento [3].

Deve ser encontrado um ponto de equilíbrio entre o custo de fazer medição e verificação das poupanças e o valor dos riscos que se corre no caso de não existir medição e verificação. Existem diversos factores que influenciam os custos da medição e verificação, são eles a complexidade da medição, a quantidade e a duração do contrato de performance. O rigor e precisão também influenciam de forma substancial os custos da medição e verificação. Existem também vários factores que aumentam os riscos tais como as incertezas e a complexidade dos projectos, a experiência e o bom relacionamento entre as partes são factores que reduzem o risco [25].

A execução da medição e verificação pode ser da responsabilidade apenas da ESCO, como pode ser também de uma assessoria, em que esta pode ser contratada pelo cliente, pela ESCO ou por ambos. Se a medição e verificação for da responsabilidade de uma assessoria, as medidas têm maior credibilidade para o cliente e à partida facilita a resolução de eventuais conflitos entre ambas as partes, para além destas vantagens pode ter a vantagem de diminuir os custos fixos para a ESCO [3].

A determinação de poupanças de energia requer uma medida precisa e metodológica, efectuada de acordo com o contrato celebrado entre a ESCO e o cliente. O modo de efectuar a verificação das poupanças pode ser alterado ao longo do contrato se ambas as partes entrarem em acordo de como realizar essa alteração.

O *International Performance Measurement & Verification Protocol "IPMVP"* [26] é um protocolo internacional que estabelece um conjunto de procedimentos de medição e verificação de poupanças de medidas de eficiência energética. É um protocolo amplamente aceite e aplicado para projectos ESCO.

Esta nova versão do IPMVP surgiu em 1996 e 1997 quando vinte empresas nacionais de doze países trabalharam em conjunto para efectuar uma revisão, para ampliar e publicar uma nova versão do IPMVP em Dezembro de 1997. Esta segunda versão foi amplamente adoptada internacionalmente e tornou-se como uma referência para a M&V em vários países como o Brasil ou a Roménia [26].

Este protocolo fornece aos compradores, vendedores e financiadores de projectos de eficiência energética, um conjunto de termos comuns para discutir questões de M&V e estabelece alguns métodos que podem ser utilizados em contratos de performance de energia, define as técnicas para determinar as economias de uma instalação inteira ou apenas de uma tecnologia presente na instalação. Tem aplicação em diversas instalações desde edifícios residenciais ou comerciais até edifícios e processos industriais. Para além destes factos o protocolo apresenta diversos procedimentos com diferentes níveis de precisão e custo para a medição e verificação [26].

O IPMVP não tem como objectivo definir termos de contratação entre a ESCO e o consumidor de energia, o seu objectivo é apenas orientar na definição dos métodos de medição e verificação [26]. Este facilita a obtenção de crédito para a maioria dos tomadores de empréstimos, uma vez que ele fornece um mecanismo estável e independente para determinar economias em energia [26].

Segundo Mykola Raptun, então Presidente do Comité da Ukraine Energy Conservation e actual presidente da ARENA-ECO: “O IPMVP tem grande aplicação para homens de negócios, gerentes de energia, legisladores e educadores e pode-se tornar o documento padrão nacional para M&V. Tem sido importante para ajudar no crescimento da indústria da eficiência energética na Ucrânia.” [26].

Steve Schiler, presidente da Schiller Associates, uma empresa líder em consultoria, afirmou que nos EUA a referência ao IPMVP tornou-se um requisito essencialmente associado ao desenvolvimento de projectos e programas para contratos de desempenho em eficiência energética. Quase todas as empresas de contratos de desempenho estabeleceram que o seu trabalho se baseia no IPMVP. Assim, em poucos anos, o protocolo transformou-se no protocolo utilizado para medição e verificação de contratos de desempenho [26].

A abordagem básica da determinação das economias requer vários passos. No IPMVP são apresentados passos que devem ser seguidos.

Deve-se seleccionar a opção de M&V que seja consistente com o objectivo do projecto, de modo a determinar os ajustes que serão feitos nas condições pós-implementação das medidas de eficiência, esta opção de medida deve ser implementada no contrato de performance de energia. Os dados relevantes do ano base (antes da implementação das medidas de eficiência energética) devem ser reunidos, registados e guardados de modo a poderem ser consultados em caso de alterações de condições ou se as acções falharem. Para além destas medidas também se deve preparar planos de M&V, onde são definidas as economias para cada projecto assim como as condições de implementação das medidas de eficiência, valores relativos ao ano base e valores das economias alcançadas depois de implementar as medidas de eficiência previstas [26].

A M&V pode ser realizada segundo quatro opções distintas, que são definidas no IPMVP como opções de A a D.

Na opção A ou medição parcial com *retrofit* isolado, as medições de energia são realizadas nos sistemas aos quais foi aplicada uma acção, contudo podem existir alguns parâmetros que são estipulados. Só é permitido fazer essa estipulação se se poder demonstrar que a soma dos erros de todas as medidas não afecta significativamente as economias gerais registadas, essa demonstração deve ser realizada no plano de M&V. As medições podem ser de curto prazo ou podem ser contínuas [26].

Na opção B ou *retrofit* isolado, as medições são efectuadas aos equipamentos onde foram aplicadas medidas de eficiência, separando o consumo energético da restante instalação. As medições podem ser de curto prazo ou contínuas e são realizadas depois de se realizar os investimentos.

Na opção C é efectuada a medição de toda a instalação. As medições podem ser de curto prazo ou contínuas, depois da realização do investimento. Nesta opção, é avaliado o impacto de qualquer tipo de acção, mas não mostra os valores individualmente. As economias registadas nesta opção incluem quaisquer mudanças no uso da energia da instalação (positivo ou negativo) [26]. Esta opção pode ser utilizada em casos em que exista um elevado grau de interacção entre as acções efectuadas e as acções restantes do edifício, ou onde o isolamento e medição de determinadas acções são difíceis ou muito dispendiosas. A opção C destina-se a projectos onde se esperam economias suficientemente elevadas, de modo a serem perceptíveis as variações de energia aleatórias ou inexplicáveis que se encontram na medição de toda a instalação. Tipicamente as economias devem ser superiores a 10% do uso de energia do ano base [26].

Na opção D, ou simulação calibrada, as economias são determinadas através da simulação do uso de energia de componentes ou de toda a instalação. As rotinas de simulação devem ser demonstradas para ser possível modelar adequadamente o desempenho efectivo da energia medida na instalação [26]. Podem ser encontradas informações sobre os diferentes tipos de modelos de simulação no manual da ASHRAE de 1997 [27]. Existem também informações sobre outros programas de simulação que podem ser obtidos através do servidor do DOE (U. S. Department of Energy) [28].

A medição contínua oferece maior exactidão nas economias registadas e mais dados sobre a operação dos equipamentos. Estes dados podem ser utilizados para otimizar a operação dos equipamentos em tempo real [26].

Existem muitos factores que afectam o desempenho dos equipamentos e como consequência o alcance das economias esperadas. Os parâmetros que não são medidos podem dar origem a flutuações nas economias, para as quais os ajustamentos apenas podem ser

estimados (ex. taxa de infiltração de ar) [26]. Quando se prepara um processo de M&V, deve-se ter cuidado com a previsibilidade, mensurabilidade e provável impacto de outros factores tais como [26]:

- Clima;
- Nível de ocupação e horário da ocupação;
- Intensidade dos equipamentos instalados e horário de funcionamento destes;
- Consumo do utilizador por serviços dependente da temperatura, produtividade entre outros factores;
- Capacidade das medidas implementadas para alcançar o objectivo do projecto;
- Cooperação entre o utilizador e o uso do equipamento relativo às medidas de eficiência tomadas;
- Deterioração do equipamento;
- Vida útil do equipamento.

Para determinar, de forma correcta, todas as economias deve-se ter especial atenção à incerteza gerada durante o processo de determinação. O processo de determinação, por si só introduz incertezas devido a erros de instrumentação, erros de modelação, erros de amostragem e hipóteses não planeadas [26].

O método e a frequência das verificações das medidas depende das condições contratuais. Assim, pode-se verificar as poupanças através de cálculos, ou através de uma única medida ou por medição contínua [3].

Poupanças calculadas – quer o cliente quer a ESCO concordam na quantia das poupanças fundadas apenas em cálculos de engenharia. Este método pode ser bom para pequenos projectos, pois pode-se evitar custos de medição. O cliente e a ESCO têm de concordar com as relações existentes entre o consumo e os valores operacionais usados no cálculo, como por exemplo índices de produção, temperatura do ar, coeficientes de carga, horas de produção entre outros. As poupanças são calculadas durante a duração do contrato [3].

Poupanças calculadas com base numa única medida – o consumo de energia é medido antes do investimento e um período depois do investimento. As poupanças são calculadas com base nos resultados obtidos através destas medidas. Podem ser realizados operações adicionais de medição para verificar a condição dos equipamentos ou para verificar eventuais mudanças nas condições operacionais. Este método apenas dá informação de consumos de energia num dado período de operação antes da instalação dos equipamentos e de um período depois da instalação dos mesmos, tem a vantagem de apresentar um custo razoável. Deve ser aplicado o princípio do pagamento fixo pois não há forma de verificar eventuais alterações nas poupanças [3].

Medição contínua – tem de se iniciar antes de implementar as medidas de eficiência, e durante um período de tempo considerável, para assegurar um pagamento real e seguro da eficiência adquirida. Este método de verificação permite obter informação sobre eventuais divergências nas condições de operação dos sistemas. Tem a vantagem de verificar as poupanças reais com a implementação dos novos sistemas e de permitir uma estimativa segura do impacto das variações de operação, contudo tem a desvantagem de ser bastante dispendioso o que faz com que seja apenas vantajoso para grandes projectos [3].

## 2.5 Tipos de Contrato ESCO

Existem quatro modelos de contratos: contrato-ESCO, contrato de projecto, contrato de instalação ou o contrato de *Build-Own-Operate-Transfer* [3].

O tipo de *Build-Own-Operate-Transfer* é um contrato em que a ESCO projecta, implementa e opera o sistema durante um determinado período, transferindo-o mais tarde para o cliente, por um valor contratualizado [29].

O modelo de contrato ESCO dá a informação sobre os valores envolvidos de ambas as partes, quer de investimento, quer de proveitos, assim como compensações para eventuais alterações ou ampliações, verificação das poupanças, seguros (se existirem) e garantias. O contrato inclui também os custos para transferências de propriedade, contabilidade financeira, validade dos documentos e eventuais referências para outros contratos paralelos [3].

O contrato de projecto ou de engenharia pode ser usado como uma base para um contrato ESCO, no caso de se pretender a realização desse tipo de contrato. Este é um contrato em que se especifica todos os trabalhos a realizar, assim como os procedimentos a seguir, data de término dos trabalhos, condições de pagamento e uma proposta para um serviço ESCO [3].

O contrato relativo à instalação e operação é um anexo ao contrato ESCO. O contrato de instalação contém as responsabilidades de ambas as partes, procedimentos que serão subcontratados, adições e alterações nos trabalhos. São também incluídos os modos de pagamento, assim como o princípio de resolver eventuais disputas, contabilidade e data em que o contrato termina [3].

Estes contratos podem baseados nos princípios de *guaranteed savings* ou no princípio de *shared savings* para a remuneração da ESCO de acordo com o serviço prestado ao cliente.

Nos *Guaranteed savings*, a ESCO garante um certo nível de desempenho e desse modo protege o cliente dos riscos de desempenho [13]. Neste princípio, a ESCO não suporta riscos de financiamento, estes riscos são suportados pelo cliente [29]. O cliente pode começar a receber uma percentagem das poupanças efectuadas logo após a realização do investimento.

Nos *Shared savings*, as poupanças são divididas entre a ESCO e o cliente com uma percentagem pré-determinada de acordo com a duração do contrato, do custo do projecto e dos riscos corridos pela ESCO e pelo cliente [13]. Ao contrário do *guaranteed savings* neste princípio a ESCO garante o financiamento do projecto [29]. Os esquemas dos princípios dos *Guaranteed savings* e do *Shared savings* podem ser visualizados na Figura 6.

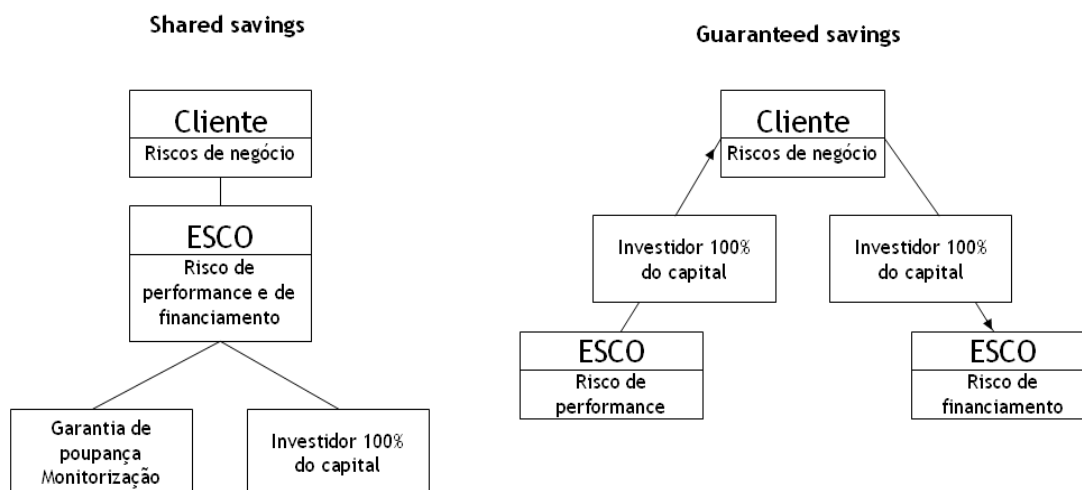


Figura 6 - Shared savings e guaranteed savings.

Para além destes dois princípios de contrato existe o contrato do tipo *Chaufage*. Neste tipo de contrato, a ESCO presta um serviço completo incluindo a realização dos investimentos necessários, gestão e comercialização da energia. Neste caso, o cliente paga a energia que consome.

A forma de pagamento do investimento realizado pela ESCO pode ser efectuada de duas formas básicas, taxa fixa ou taxa variável. Estas taxas deverão recompensar se existir um aumento da poupança face ao valor predefinido.

A taxa fixa é um meio de pagamento fixo em que o cliente paga um valor fixo. Este valor pode estar baseado em cálculos efectuados antes de realizar o investimento ou através da realização de uma medida feita depois de realizar o investimento [24].

A taxa variável depende das poupanças de energia/custo que foram obtidas durante um certo período. Para realizar o pagamento por taxas variáveis é necessário efectuar medição dos consumos constantemente, o que pode aumentar os custos de operação do projecto. Este valor pode ser entendido como um prémio que é pago à ESCO pela melhoria de desempenho.

No princípio de *whole savings* o cliente paga a totalidade das poupanças anuais de custo à ESCO, durante o período do contrato. Com esta alternativa, a ESCO tem um tempo de retorno mais curto, mas o cliente não obtém qualquer redução no custo da energia durante a duração do contrato [30].

O contrato pode incluir um tempo livre para ajustar os pagamentos em consequência das diferenças entre as poupanças reais e as poupanças calculadas. Esse tempo pode ser por exemplo de um ano [3].

Na Figura 7, pode-se verificar como se processa a distribuição dos proveitos resultantes do investimento nas medidas de eficiência energética, durante e após o período do contrato ESCO.

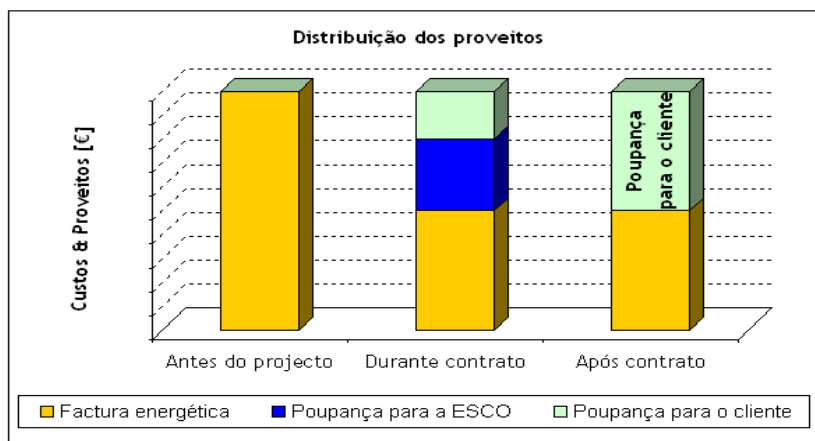


Figura 7 - Distribuição dos proveitos.

O tempo de retorno do projecto depende da evolução das poupanças verificadas face às poupanças calculadas, isto é, se as poupanças verificadas forem superiores às calculadas o tempo de retorno é inferior ao planeado, podendo nesse caso existir um reajuste da duração do contrato [30]. Se as poupanças verificadas forem inferiores ao previsto o período do contrato pode ser estendido por mais anos [3].

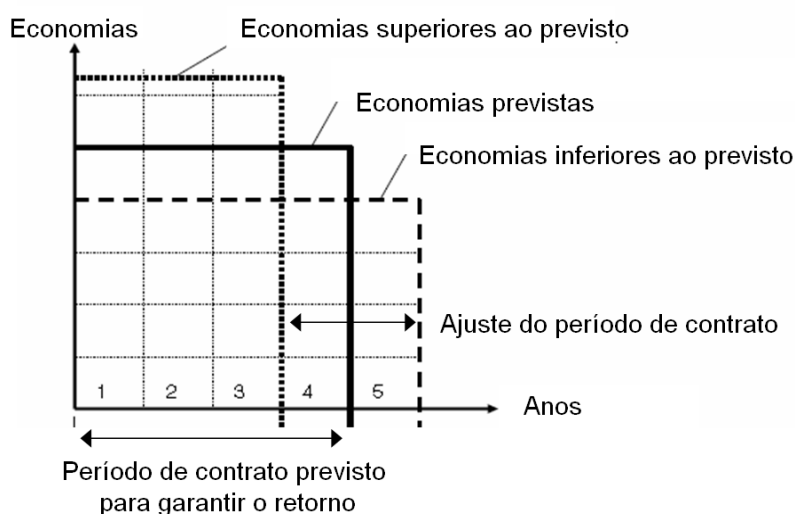


Figura 8 - Duração do contrato de performance face às poupanças [3].

Um contrato do tipo ESCO deve incluir sempre o valor que o cliente tem de pagar para terminar o contrato com a ESCO, ou para o contrato ser revendido a terceiros [3].

## 2.6 As ESCO na Europa

Não é possível saber de forma exacta o número de empresas do tipo ESCO no mercado e a dimensão desse mesmo mercado na Europa a 27 [1].



Tabela 1 - Sumário do mercado das ESCOs na UE

Indicador	Descrição
Número de ESCOs	Desconhece se o numero total de ESCOs existentes na EU. O número de ESCO por país situa-se entre as 0 e as 50
Tipo de ESCOs	Públicas e multinacionais privadas, muitas companhias que começaram por ser retalhistas de material de aquecimento, de construção e material de controlo.
Associação de ESCOs	Existe a EFIEES <sup>1</sup>
Dimensão do mercado	5 a 10 biliões de € /ano
Mudanças nos últimos anos	Aumentaram e diversificaram-se entrando em novos mercados nacionais
Tecnologias mais populares	Cogeração, iluminação de ruas e aquecimento

<sup>1</sup> European Federation of Intelligent Energy Efficiency Services; <http://www.efiees.org/>.

### 2.6.1 Mercado ESCO em Portugal

Tabela 2 - Sumário do mercado ESCO em Portugal

Indicador	Descrição
Número do ESCOs	7 a 8 + pequenas companhias ESCO
Tipo de ESCOs	Privadas (locais e 1-2 multinacionais) e algumas subsidiárias da EDP
Associação de ESCOs	Não existe
Dimensão do mercado	Não definido
Mudanças nos últimos anos	Estável mas com provável aumento
Tecnologias mais populares	Cogeração, eólica, HVAC

Em Portugal, ainda não se realizou nenhum grande EPC devido à complexidade que um contrato deste tipo envolve. Existe alguma actividade do tipo ESCO mas esta limita-se à simples troca de um ou outro equipamento isolado.

Em Portugal, o número de ESCO de maior dimensão quase não mudou durante vários anos [31], porém, agora aparecem novas companhias e outras deixam o mercado ou mudam o seu negócio principal. Existem também pequenas ESCO como consultoras, que são orientadas para examinar e preparar planos para a eficiência energética e *retrofitting* de equipamento

eficiente e serviços semelhantes aos ESCO, como resultado de novas e antigas obrigações de racionalização do uso de energia. O mercado Português das ESCO está a crescer dado o aumento de preocupação e de obrigações com a eficiência energética [1].

Não existem números exactos do potencial de mercado para as ESCO em Portugal, mas pode-se afirmar que o mercado das ESCO em Portugal apenas utiliza uma pequena fracção do potencial de mercado [1].

Estima-se que cerca de 30% de custos de energia municipais podem ser poupados com um pequeno tempo de retorno do capital. Normalmente os clientes ESCO são médias e grandes indústrias do sector terciário e edifícios do tipo Shoppings, Hospitais e Hotéis. Sendo que a maioria dos projectos contempla a cogeração devido à sua simplicidade, baixo risco, um curto tempo de retorno de investimento e incentivos financeiros estatais [1].

Os esquemas mais populares de pagamento são os de tipo *Shared saving* ou *Chauffage*, em que a ESCO é responsável pela administração, investimento e comercialização da energia [1].

Embora existam várias instituições financeiras nacionais e internacionais que estejam ansiosas por serem envolvidas em projectos ESCO e em ESCO de grande dimensão estando dispostas a financiar projectos, ainda existem algumas barreiras significativas ao desenvolvimento de ESCO. O apoio a projectos ESCO está previsto no Sistema de Incentivos à inovação do QREN, e previsto no Plano Nacional de Acção para a Eficiência 2008-2015 (PNAEE) [32].

O potencial mercado para as ESCO no sector público português é enorme, pois a maioria dos edifícios são públicos. Este facto pode servir como um impulso pois pode demonstrar a viabilidade do conceito ESCO, também pode impulsionar a indústria e outros agentes [30].

No sector público, existem vários factores que estão a limitar a entrada de contratos EPC, entre estes a necessidade de um número mínimo de candidatos que têm de apresentar propostas. Existe um valor máximo que não precisa de ter várias propostas contudo, esse valor é bastante inferior aos valores envolvidos nos EPC. Nem sempre é possível fazer um caderno de encargos para um concurso público porque os serviços têm de ser negociados directamente entre o cliente e a ESCO. Neste momento, muitas das entidades públicas estão impedidas de endividamento, pelo que não podem dispor de fundos para um contrato EPC ou para as auditorias prévias.

A tradição e captação lenta de novas soluções empresariais foram um obstáculo para a difusão do conceito ESCO. Outro obstáculo ao desenvolvimento dos investimentos ESCO em Portugal é a incerteza associada às poupanças energéticas e aos lucros destas resultantes [30].

## 2.7 Resumo

Existem vários tipos de ESCO, alguns autores agrupam-nas pelos serviços que prestam aos clientes enquanto outros agrupam-nas em função dos tipos de clientes e segundo a participação dos capitais da ESCO, públicos ou privados. Existem ESCO que têm conhecimento teórico sobre a tecnologia de sistemas de energia e experiência de projectos ESCO (engenharia de custo, capacidade de administração de projecto, conhecimento sobre engenharia de custo e experiência em projectos de poupança energética) e ainda têm experiência de instalação de equipamento, enquanto outras apenas possuem a experiência de projectos ESCO, subcontratando as restantes capacidades [3].

Um projecto ESCO é constituído por três fases, mas têm uma fase anterior ao projecto, uma auditoria energética, esta não tem obrigatoriamente que ser efectuada pela ESCO [19]. As três fases de um projecto ESCO são: o planeamento, a implementação e a monitorização do projecto durante a duração do contrato ESCO.

Um projecto ESCO pode ser financiado de várias formas, financiamento pelo cliente, pela ESCO ou por recurso a uma terceira entidade que pode ser contratada pelo cliente ou pela ESCO.

Os contratos ESCO podem basear-se nos princípios de *guaranteed savings* ou no princípio de *shared savings*. No primeiro, a ESCO garante um nível de desempenho e obtém a remuneração a partir desse nível, protegendo assim o cliente de riscos de desempenho. No segundo princípio, as poupanças são divididas entre a ESCO e o cliente com uma percentagem

predeterminada de acordo com a duração do contrato de performance. Neste caso a ESCO garante parte ou a totalidade do financiamento [29].

A duração dos contratos pode ser alterada se os níveis de desempenho não forem satisfatórios, sendo que um contrato mais longo pode apresentar uma remuneração para a ESCO menor.

O mercado das ESCOs em Portugal, ainda se apresenta bastante atrasado face à maioria dos países da Europa [1]. Ainda existem muitos entraves para a entrada das ESCOs de pequena dimensão no país, principalmente no sector público.



## 3. Sistema de Ajuda à Negociação de EPC

### 3.1 Descrição

Através da inserção das medidas de eficiência e de alguns parâmetros, que derivam da utilização da instalação é possível calcular as poupanças energéticas previstas. Também é possível obter os custos da realização das medidas, caso essas medidas estejam contempladas na base de dados da ferramenta. Depois da inserção das possíveis medidas a serem implementadas, a ferramenta devolve alguns parâmetros económicos que permite ao utilizador ordenar as medidas pela mais rentável, a que permite maior energia poupada ou a que apresenta um menor tempo de retorno face ao tempo de vida do equipamento.

Nem todas as medidas inseridas têm de ser seleccionadas para a negociação, isto é, podem existir medidas que o cliente não queira que sejam implementadas ou que não são rentáveis do ponto de vista económico, nesse caso são des-seleccionadas antes ou durante o processo negocial. A medição e a verificação pode ser realizada agregando várias medidas num mesmo grupo de M&V, pode também um grupo agregar apenas uma medida. A operação e a manutenção tem o mesmo princípio que a medição e a verificação.

A partilha de custos do projecto pode ser feita de várias formas, financiada pelo cliente, pela ESCO, por fundos de investimento que estão dispostos a investir nas medidas de eficiência que estão a ser negociadas. Estes fundos são da responsabilidade da ESCO, isto é, no EPC não aparece directamente a remuneração destes fundos, esta remuneração aparece agregada à remuneração da ESCO. É contemplado também o recurso a empréstimos bancários por parte do cliente, e por parte da ESCO, de modo a considerar os custos com as taxas financeiras utilizadas pelas entidades financiadoras.

A partilha de proveitos é repartida em proveitos variáveis e em proveitos fixos, o programa apresenta cinco cenários possíveis das variações das poupanças, varia consoante as incertezas que são inseridas juntamente com as medidas propostas para implementar. Assim é possível observar a evolução da taxa interna de rentabilidade e do valor actual líquido consoante cenários mais optimistas ou mais pessimistas para todas as entidades envolvidas no projecto.

A ferramenta permite a criação dos anexos ao contrato de performance onde vem discriminadas todas as medidas a serem implementadas, assim como os benefícios que cada medida permite obter e todas as distribuições de custos e proveitos para ambas as partes envolvidas no contrato de performance.

### 3.2 Motivação e Objectivos

Um EPC necessita de ser o suficientemente detalhado com as medidas que serão implementadas de modo a evitar futuros conflitos com o cliente, mas ao mesmo tempo necessita de integrar questões técnicas de engenharia e questões financeiras. Contudo um EPC deve ter um custo reduzido para não representar uma grande parte dos proveitos fixos de um projecto. Para tal ser conseguido tem de se recorrer a uma ferramenta que crie contratos específicos com a utilização de poucos recursos humanos. Esta ferramenta permite durante uma reunião de negociação com o cliente estar a observar os valores financeiros de uma forma dinâmica, de acordo com a negociação que está a ser realizada e no final da reunião dá a possibilidade de ter o contrato pronto para ser assinado.

A ferramenta criada com vista à automatização da criação de EPC deve:

- Possibilitar a inclusão de várias formas de tipos de contrato ESCO;
- Permitir formas de realizar a medição e verificação, assim como diferentes formas de financiamento e de remuneração das partes envolvidas no contrato;
- Possuir *forms* que permitam calcular as poupanças energéticas e diversos parâmetros económicos necessários para possibilitar uma ordenação das melhores medidas;
- Possuir bases de dados próprias para permitir calcular automaticamente, sempre que possível, as poupanças energéticas sem obrigar o utilizador a inserir os consumos para as diversas tecnologias;
- Possibilitar a introdução de parâmetros de equipamentos inexistentes no programa, de forma a ser possível calcular as poupanças energéticas e respectivos parâmetros económicos, para a introdução ou substituição de um equipamento;
- Apresentar uma listagem de todas as medidas, que foram inseridas anteriormente, para poderem ser seleccionadas durante o processo negocial com o cliente;
- Possibilitar a visualização de gráficos com cenários, mais ou menos optimistas de obtenção das receitas, para deste modo ajudar na tomada de decisões, por parte das partes envolvidas na negociação;
- Dar a possibilidade de obter um anexo do contrato de performance para medidas de eficiência energética, de modo que nesse anexo sejam especificadas todas as medidas que irão ser implementadas, assim como os proveitos provenientes de cada medida. Deve estar presente no anexo o esquema de remuneração do cliente e da ESCO.

Para simulação de métodos de eficiência energética serão criadas várias funcionalidades que permitem gerar soluções para o processo negocial. A abordagem de várias tecnologias de eficiência energética permite parametrizar a eficiência energética em diversos equipamentos.

### 3.3 Inserção de Metodologias

Pode-se ver o aspecto que a ferramenta apresenta quando é iniciada, no Anexo A. Esta *form* inicial permite ao utilizador escolher qual é a medida de eficiência que vai inserir, gravar soluções ou abrir soluções previamente gravadas no programa. Pode também abrir a *form* de agregação de soluções.

Em todas as *forms* de inserção de novas tecnologias é pedido para inserir uma descrição da instalação que serve essencialmente para saber qual vai ser o local e a instalação em que vão ser realizadas as medidas. A descrição permite identificar, no contrato de performance, o local onde esta medida será implementada. É também pedido para inserir o número de horas de funcionamento da instalação por ano, com excepção da *form* Frio em que é pedido um consumo diário do equipamento para uma dada temperatura. No caso da *form* motores é implementado um diagrama de carga que pode ser alterado por parte do utilizador se entender que o motor em questão tem um diagrama de cargas diferente. Incertezas estão associadas a estas entradas que podem ser alteradas pelo utilizador, o que permite no final obter valores optimistas e valores pessimistas da poupança verificada por cada medida.

No final da inserção de cada solução é possível observar vários parâmetros económicos tais como a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), o Valor Actual Líquido (VAL) e a percentagem do tempo de retorno, face ao tempo de vida dos equipamentos resultantes dessa medida. Para além destes valores económicos são dados os valores dos consumos

energéticos anuais antes e depois de implementar a medida em questão, também é dado o custo de implementação da medida ou de substituição, assim como quantidades e referência dos equipamentos a utilizar.

Existe uma form que permite a inserção de qualquer tipo de tecnologia. Nesta form tem de ser feita uma descrição da tecnologia que vai ser utilizada de modo a ser explícito no contrato o que será efectivamente realizado com estas medidas. Na Figura 9 pode-se observar o esquema de funcionamento das funcionalidades de inserção de tecnologias.

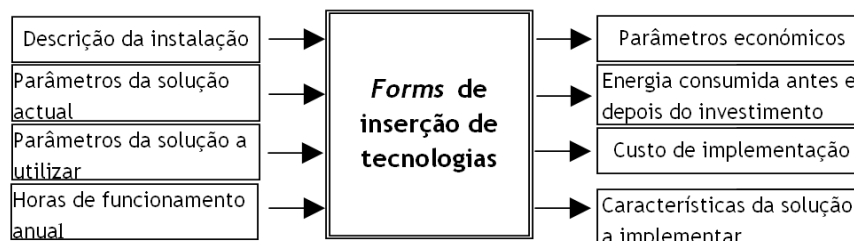


Figura 9 - Entradas e saídas das *forms* de inserção de medidas.

### 3.3.1 Iluminação

As fontes de luz visível dependem essencialmente do movimento de electrões, a fonte de luz mais predominante é o Sol. Contudo, muitas vezes é necessário recorrer a fontes de luz artificial (lâmpadas) [33]. As lâmpadas fluorescentes da tecnologia T5 apresentam uma poupança em cerca de 20% face às tecnologias T8 e apenas 8 % de depreciação de fluxo luminoso no final da sua vida útil [34]. Os balastros electrónicos para lâmpadas fluorescentes apresentam diversas vantagens, como por exemplo o aumento do rendimento luminoso em cerca de 10%, a eliminação do efeito *flicker* e a eliminação do ruído audível. Apresenta também uma redução na potência absorvida pelo sistema balastro-lâmpada entre 20 a 25%, além de aumentar a duração média da lâmpada [35]. Com a troca de tipos de lâmpadas pode-se obter uma poupança energética até 80% sem diminuir índices de luminância [36]. Existem vários casos em que foram conseguidos ganhos significativos com a troca de sistemas de iluminação nomeadamente em edifícios de retalho, no âmbito do projecto GREENLIGHT [37].

Para os sistemas de iluminação foram feitas três *forms*, uma para simples troca de lâmpadas, outra para troca de balastros de lâmpadas fluorescentes e uma terceira para a troca de lâmpadas fluorescentes do tipo T8 para lâmpadas fluorescentes do tipo T5.

Dependendo do tipo de indústria, o consumo eléctrico devido à iluminação pode chegar aos 25%. Com medidas de eficiência e dependendo das situações pode-se poupar mais de 80% da energia consumida em sistemas de iluminação, por estes factos a iluminação é um factor a ter em consideração nos EPC [38].

No caso da iluminação são inseridos valores informativos tais como, o número de luminárias utilizadas, o número de lâmpadas utilizadas e a potência destas. Também é pedido para inserir as horas estimadas de funcionamento da instalação por ano, para ser possível saber qual é a duração do novo material e assim calcular parâmetros económicos e determinar a energia consumida anualmente como a possível poupança energética. No caso da troca de lâmpadas, o programa tem uma opção automática que mediante o tipo de lâmpadas que são usadas anteriormente indica qual a melhor opção. A potência das lâmpadas a inserir é calculada de modo a serem mantidos os níveis de luminância iguais ou superiores aos níveis anteriores, estes valores de luminância foram obtidos através do catálogo da Philips [39] e do catálogo de preços da Mundolighting [40]. Ao número de horas de funcionamento da instalação está associada uma incerteza que o utilizador deve inserir para no final, já na negociação, poder verificar o que acontece em termos económicos se todas as medidas implementadas apresentarem um valor de poupança inferior. Este valor é calculado com o valor da incerteza. As *forms* das medidas de eficiência energética na iluminação podem ser visualizadas nos anexos B, C e D.

### 3.3.2 Medidas Comportamentais

A *form* das medidas comportamentais é direccionada directamente para os utilizadores de um espaço da instalação que esteja alugado a outros clientes ou que seja da responsabilidade de um funcionário. Aí usa-se o princípio de alteração do comportamento do utilizador final da tecnologia ou equipamento em que o utilizador recebe uma percentagem da energia efectivamente poupada. Apresenta um investimento inicial que pode ser a colocação de um aparelho de medição continuamente naquela instalação. Como neste caso o equipamento de medição apenas é utilizado por esta medida, foi incluído no investimento inicial da medida, pode também ser necessário fazer algum investimento na instalação de utilização. O valor da energia gasta actualmente pode ser inserido de acordo com medições realizadas antes de implementar o contrato de performance e de preferência sem o conhecimento do utilizador, de modo a este não alterar os seus padrões de consumo. Admite-se que o cliente é capaz de economizar uma percentagem da energia consumida através do pagamento de uma quantia por kW racionalizado. Este valor a pagar ao utilizador pode ser calculado através do tempo de retorno pretendido com esta medida, em que nesse caso é indicado o valor máximo em centimos de € por kW de energia poupada que pode ser pago ao utilizador. Pode também logo à partida ser inserido o valor a pagar ao cliente e assim pode-se verificar quais são os valores económicos esperados com esta medida. A *form* desta medida pode visualizar-se no Anexo E.

### 3.3.3 Motores

Segundo Artur Costa [41], cerca de 80% a 85% dos motores actualmente em serviço no mundo são motores de indução. Como tal, a aplicação desenvolvida considera apenas a utilização deste tipo de motores. Não é abordada, pela aplicação, a utilização de variadores de velocidade nos sistemas electromecânicos em estudo.

A medida “motores” requer como entrada o método de alimentação que contempla método directo ou arranque estrela-triângulo, MEC, Soft-starter ou Power boss. Para além do método de alimentação, o programa requer a potência em kW do motor utilizado e a respectiva classe de eficiência que, caso seja desconhecida deve ser seleccionada a classe 2 pois é uma classe menos eficiente e no caso do motor ser antigo e não possuir essa indicação a sua eficiência é certamente inferior a um motor de classe 2. O número de horas de funcionamento da instalação é indispensável assim como a inserção de um diagrama de carga de funcionamento do motor. No caso de este ser desconhecido, o programa tem um diagrama típico para ajuda do utilizador. A ferramenta tem na sua base de dados os preços de motores novos de classe 1 e de classe 2 [42]. A ferramenta também possui os preços dos equipamentos de controlo dos motores o que permite efectuar alterações de motores e de equipamentos de controlo, sem ter a necessidade de inserir os preços dos equipamentos [43].

Para o cálculo da energia consumida pelos motores foram feitas várias aproximações para determinar equações analíticas que permitam obter a curva de rendimento de vários motores. Para determinar a curva de rendimento utilizaram-se as curvas de rendimento da WEG para motores de Classe1 e de Classe2 para potências desde 1,1 kW até 110 kW. A curva de rendimentos dos motores segue uma expressão do seguinte tipo que está representada na equação 3.1.

$$\text{Rendimento} = a \times \ln(\text{fracção\_carga}) + b \quad (3.1)$$

Os parâmetros  $a$  e  $b$  da equação 3.1 são calculados através das equações 3.2 e 3.3. Estes parâmetros foram calculados, através das equações 3.2 e 3.3, porque é mais fácil prever os parâmetros do que fazer a extrapolação da curva de rendimento dos motores para poder chegar a uma equação que dependa da potência dos motores. Estes parâmetros  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$  e  $b_2$  foram determinados pelo método dos mínimos quadrados de forma a minimizar o quadrado do erro entre os parâmetros  $a$  e  $b$  calculados para as diferentes potências de motores através da equação 3.1.



$$a = a_1 \times \ln(\text{potência}) + a_2 \quad (3.2)$$

$$b = b_1 \times \ln(\text{potência}) + b_2 \quad (3.3)$$

A Figura 10 mostra a evolução do parâmetro  $a$ , retirado da equação do rendimento de motores novos, com a potência dos motores. A equação 3.2 tenta aproximar a tendência da evolução dos valores deste parâmetro com a potência do motor.

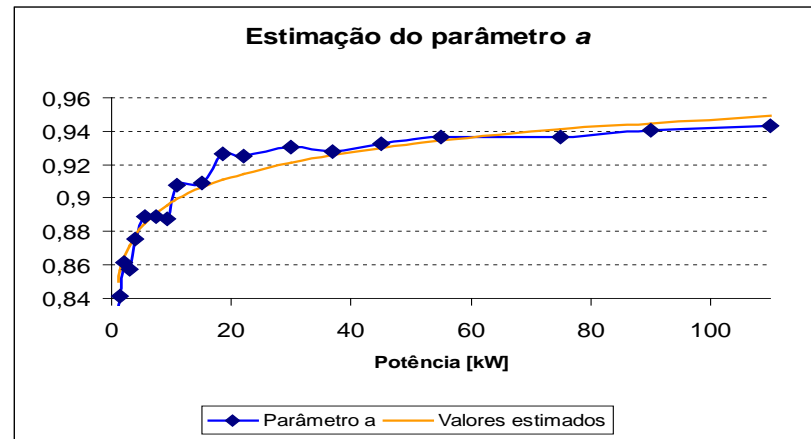


Figura 10 - Estimação do parâmetro  $a$  da curva de rendimento.

A Figura 11 mostra a curva de rendimento para um motor de classe de eficiência EFF1 de quatro pólos de 5,5 kW. Pode-se observar os valores obtidos laboratorialmente para este motor, valores dados pelo catálogo da WEG para este tipo de motor e os valores obtidos pela equação 3.1 (aproximação).

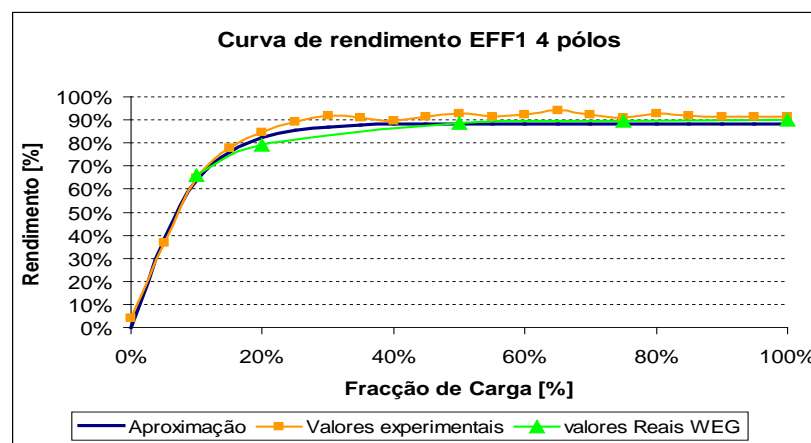


Figura 11 - Curva de rendimento de um motor de 5,5 kW EFF1 de quatro pólos.

Para a determinação dos ganhos introduzidos pelos diferentes métodos de alimentação de motores utilizados foi ensaiado um motor de 5,5 kW de classe 1, e um motor de 5,5 kW de classe 2. Foi admitido na ferramenta que o ganho obtido era independente da potência do motor, assim sendo para determinar esse ganho calcula-se o quociente entre os valores obtidos experimentalmente com os diferentes equipamentos pelos valores obtidos com o motor a ser alimentado directamente. Ao multiplicar esse ganho pelo valor obtido através da equação 3.1 permite obter curvas de rendimento para motores da potência pretendida.

$$P_{ab} = \frac{\text{fracção\_carga} \times P_n}{\text{Rendimento}(\% \text{ carga})} \quad (3.4)$$

$$W = P_{ab} \times t \quad (3.5)$$

Através da equação 3.4 determina-se a potência absorvida pelo motor, em que  $P_n$  é a potência mecânica nominal do motor e o rendimento (%carga), considerando o rendimento que o motor ou o sistema apresenta para uma dada percentagem de carga. Sabendo a potência absorvida pelo motor e o tempo de funcionamento do motor em cada regime de carga pode-se determinar a energia que o motor consome.

No programa não está especificado se o motor é de dois ou de quatro pólos, esse facto não foi inserido porque a curva de rendimentos para motores de 2 ou de 4 pólos apresenta uma diferença de valores inferior a 1%. No Anexo G é possível observar o aspecto da *form* que permite a troca de motores ou do tipo de equipamento de controlo destes.

### 3.3.4 Equipamentos de Frio

A medida “Frio Industrial” permite modelar de alguma forma a influência da temperatura exterior com o consumo. Assim, tem como entradas o consumo diário de energia que um dado equipamento de frio, pode ser dado o valor em euros da energia consumida, se não estiver disponível o consumo em kWh. É pedida também a temperatura média do local da instalação. Como nesta tecnologia existe uma imensa variedade de equipamentos de frio não é possível ter uma solução automática, por este facto, é necessário inserir o consumo do novo equipamento que será instalado para a temperatura de ensaio, normalmente os equipamentos são ensaiados segundo a norma EN 153 para uma temperatura exterior de  $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$  [47]. Através de dados obtidos da ASHRAE [48] pode-se concluir que a temperatura exterior tem uma influência aproximadamente linear na ordem dos 15% de aumento de consumo por aumento de  $1^\circ\text{C}$  da temperatura exterior, contudo este valor apenas é valido para uma gama de temperaturas médias de  $21^\circ\text{C}$  até  $43^\circ\text{C}$ . Outro factor que influencia o consumo é a temperatura interior, contudo, admite-se que os equipamentos estão a funcionar com a temperatura correcta e que não se vai proceder a alterações da temperatura interior. Esta *form* permite ao operador observar logo após a inserção dos dados e verificar o consumo diário do equipamento em kWh, para o local onde o pretende instalar. O aspecto da *form* que permite a troca de equipamentos de frio pode observar-se no Anexo F.

### 3.3.5 Esquema Geral de Inserção de Medidas de Eficiência Energética

Através da Figura 12 pode-se observar o esquema da inserção de soluções, da ferramenta desenvolvida na presente dissertação. Algumas das entradas são comuns a várias *forms*, de inserção de tecnologias, enquanto que outras entradas são específicas para cada tecnologia. As saídas de todas estas *forms*, são as entradas para o processo de negociação e como é facilmente perceptível são as mesmas em todas as tecnologias.

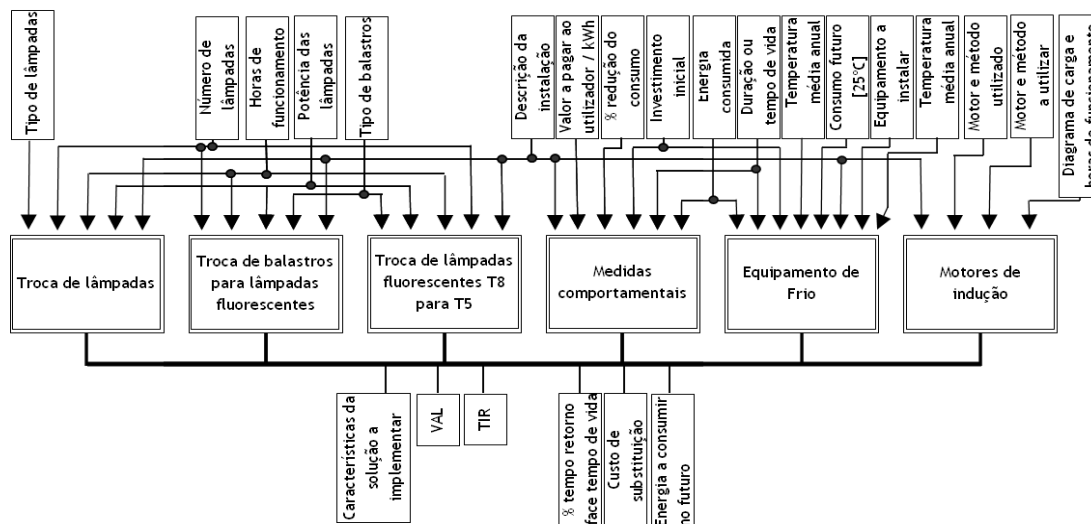


Figura 12 - Esquema geral da inserção de medidas de eficiência.

### 3.4 Agregação das Soluções

Nesta *form* aparece uma listagem de todas as soluções inseridas com ajuda das *forms* anteriores da ferramenta. Como se pode observar na Figura 13, é possível escolher o grupo de operação e manutenção, e o grupo de medição e verificação para cada medida de modo a agregar da forma pretendida todas as medidas. Não é obrigatório que as medidas que estão num dado grupo de operação e manutenção tenham de pertencer a um mesmo grupo de medição e verificação, as medidas poder ser agregadas de forma livre a qualquer grupo. Se existir dependência entre medidas tem de ser o próprio utilizador a agrupar medidas dependentes no mesmo grupo.

Início				Soluções									
Mostra valores globais		<input checked="" type="checkbox"/> Limita duração do investimento		Investimento inicial (€)		Partilha de Custos e de benefícios							
Mostrar gráfico		5 Tempo do investimento		12408		Mostra partilha							
Apagar gráfico		<div>Grupo de MEV 1</div> <table border="1"> <tr> <th>Consumo anterior [kWh/ano]</th> <th>Consumo final [kWh/ano]</th> <th>Proveito médio mensal (€)</th> </tr> <tr> <td>62560</td> <td>42000</td> <td>282,21</td> </tr> </table>		Consumo anterior [kWh/ano]	Consumo final [kWh/ano]	Proveito médio mensal (€)	62560	42000	282,21	Custo inicial de MEV 600		Edição de grupos de M&V e de O&M	
Consumo anterior [kWh/ano]	Consumo final [kWh/ano]	Proveito médio mensal (€)											
62560	42000	282,21											
				Custo inicial de O&M 100		Mostra O&M e M&V							
Ordena	Ordena	Ordena		Ordena	Ordena	Ordena	Ordena						
O&M	MEV	Seleccionar soluções	Descrição da instalação	Tipo de operação	VAL	TIR	Preço da substi						
1	2	<input checked="" type="checkbox"/>	Pavilhão 1	troca de balastos	8287,487113	23,18114143	8112						
0	0	<input type="checkbox"/>	Escritório	troca de tipo de lamp	3902,082134	103,7116537	2060						
2	1	<input checked="" type="checkbox"/>	corredores	troca de balastos	2314,475374	23,9070658	3596						
0	0	<input type="checkbox"/>	Pavilhão 2	Medidas comportame	122,4367513	49,42140353	100						
0	0	<input type="checkbox"/>	Pavilhão 1	troca de lampadas t8	-6061,908446	-2,746973133	12552						
							87680						

Figura 13 - *Form* soluções com exemplo de algumas medidas de eficiência.

Nem todas as medidas que foram inseridas têm de ser alvo de contrato, podem existir medidas que tenham sido inseridas e que não interessa por motivos variáveis inseri-las no contrato de performance, nesse caso essas soluções não são seleccionadas ficando assim afastadas do processo negocial.

É possível ordenar as diferentes soluções de acordo com parâmetros económicos, pela energia consumida ou pelo preço de substituição. Também é possível proceder à ordenação

pelo número de grupos a que as soluções pertençam entre outras. Esta ordenação permite ao utilizador verificar quais são as melhores soluções a implementar mediante o seu critério. Na figura 13, as soluções estão ordenadas decendentemente pelo VAL, podem ser ordenadas ascendente também por este parâmetro ou por qualquer outro parâmetro que esteja a ser visualizado.

Depois de estarem seleccionadas as medidas é possível observar um gráfico com a evolução do valor actual líquido acumulado ao longo dos anos, sendo assim possível ao utilizador verificar qual será a duração óptima do contrato de performance que vai propor ao cliente. A ferramenta calcula os investimentos que é necessário realizar, isto é, há medidas que têm um tempo de vida mais curto do que as outras, e ao longo do tempo de vida das medidas mais longas é necessário realizar novamente essas medidas. Um bom exemplo é a troca de balastos em lâmpadas fluorescentes, durante o tempo de vida dos balastos é necessário efectuar mais do que uma troca de lâmpadas. A ferramenta dá a possibilidade de mostrar um gráfico com o VAL acumulado ao longo do projecto, onde é possível observar os re-investimentos que são necessários realizar ao longo da duração pretendida para o projecto. Um exemplo deste gráfico, pode observar-se na Figura 14, podem visualizar-se os re-investimentos que são necessários realizar se o contrato de performance tiver uma duração de oito anos e meio.



Figura 14 - Valor actual líquido acumulado ao longo do projecto.

À medida que o utilizador vai agregando as soluções é possível que este verifique o investimento inicial que é necessário para a implementação do projecto, assim como o proveito esperado mensal das receitas gerado pelas soluções seleccionadas. Permite também observar os custos anuais de medição e verificação assim como os custos de operação e manutenção de todo o sistema. A ferramenta mostra ao utilizador qual deverá ser o consumo de energia anterior à implementação do projecto e depois da implementação do mesmo, isto ocorre para cada grupo de medição e verificação, sendo que é possível ao utilizador especificar um consumo anterior superior para uma dado grupo de medição, porque esse grupo pode estar a medir consumos de outros equipamentos que não são alvo do presente projecto.

### 3.5 Medição & Verificação e Operação & Manutenção

Quando existem investimentos em eficiência energética, os investidores desejam saber quanto economizaram e quanto tempo essas economias vão durar. Esta determinação requer medição precisa e uma metodologia reprodutível, que se designa como protocolo de medição e verificação [26]. Este protocolo de M&V discute procedimentos que quando são implementados, permitem aos compradores, vendedores e financiadores de projectos de energia concordarem com o plano de M&V e poderem determinar as poupanças energéticas provenientes das medidas implementadas.

Uma boa determinação das economias propicia ao cliente um *feedback* precioso para a operação das suas instalações, assim pode realizar ajustes na administração de modo a aumentar o nível de economia de energia e reduzir a variabilidade das economias alcançadas. Ao serem criados métodos de administração de energia, são reduzidos problemas de manutenção das instalações.

A adopção do IPMVP proporciona economias mais confiáveis e uma abordagem comum para as determinar. A adopção deste protocolo, por muitas entidades tornou os investimentos em eficiência mais confiáveis e mais renováveis, ao mesmo tempo favoreceu o desenvolvimento de novos tipos de financiamento, que deste modo ficam mais acessíveis e com um custo reduzido. Como define claramente os projectos e métodos de M&V, o protocolo oferece confiança às instituições financeiras quanto à medição do desempenho e à determinação das economias. Como é evidente, se for alcançado um nível de confiança na obtenção de poupanças energéticas, a obtenção de empréstimos é mais fácil e ao mesmo tempo é possível realizar empréstimos em que as garantias são as economias geradas pela implementação de um projecto de eficiência energética.

As emissões de CO<sub>2</sub>, do SO<sub>2</sub>, de NO<sub>x</sub> e de mercúrio, são reduzidos com os projectos de eficiência energética, estas reduções devem ser calculadas para determinar o verdadeiro benefício obtido pelo projecto. Contudo, a determinação do nível de redução de poluentes necessita de alguma habilidade para estimar com confiabilidade os efeitos obtidos na redução das emissões a partir das economias de energia.

O desempenho de um equipamento, antes e depois de um *retrofit*, pode ser medido com graus de precisão muito diferentes. As economias normalmente são determinadas como sendo a diferença entre o desempenho medido e o valor da energia que os sistemas consumiriam no caso de não ter sido feito o investimento, multiplicando essa diferença pelos preços unitários actuais da energia fornecida. O ano-base de uso de energia é definido utilizando dados de medição de desempenho do equipamento antes da implementação das medidas de eficiência. Os projectos de eficiência energética têm dois elementos, performance (desempenho) e operação.

A medição e verificação têm de ser executadas de forma contínua para assegurar a remuneração variável, pois não pode ser paga uma remuneração que dependa da variação do consumo, que se admite que varie, sem efectuar medição da mesma. Dependendo do projecto e da dimensão do mesmo, a medição e verificação das economias pode ser realizada segundo várias formas previstas no IPMVP. Assim sendo pode ser usada a opção A, as poupanças são determinadas por medições de campo parciais do uso de energia dos sistemas aos quais foi aplicada uma acção de eficiência, separando a energia consumida pela restante instalação. Como são medições parciais, nem todos os parâmetros podem ser estipulados, desde que os impactos dos possíveis erros de estimação desses parâmetros não sejam significativos para as economias resultantes. Neste caso, é necessário o uso de dados históricos tais como horas de funcionamento do ano-base, ou a modelos matemáticos. Em projectos em que sejam executadas várias medidas de eficiência, de pequena dimensão, em zonas distintas, não é possível efectuar a medição de todas essas medidas devido ao elevado custo que este facto acarreta. A instalação deve ser inspeccionada para verificar a existência contínua de diversos equipamentos e suas operações e manutenções adequadas. Estas re-inspecções permitem determinar a continuação do potencial para gerar as economias previstas e validar as estimações.

Quando existem várias versões da mesma instalação e são incluídas na determinação das economias, podem ser usadas amostras estatisticamente válidas como medições comprovadas do parâmetro total. Esta situação pode surgir, por exemplo, quando são medidos os consumos de aparelhos de iluminação individuais antes e depois do *retrofit*, para avaliar o seu consumo se a carga não puder ser lida no quadro de iluminação devido à inclusão de outros tipos de equipamento nos circuitos de iluminação. Se forem medidos uma amostra importante de equipamentos antes e depois da acção, estes dados podem ser usados como medição da carga total de iluminação.

Para a determinação das poupanças pode ainda ser usada a opção B, em que as poupanças são determinadas por medições em separado nos equipamentos em que foram aplicadas medidas de eficiência, separando o consumo da restante instalação. Pela razão explicada anteriormente, para maior exactidão é utilizada a medição contínua em vez de medição de curto prazo. Com esta opção, podem ser eliminadas as re-inspecções após a inspecção inicial de desempenho das medidas efectuadas. Tem o problema do custo de medição aumentar

proporcionalmente com o aumento da complexidade da medição e com o aumento de medidas em equipamentos distintos. Contudo, esta opção reduz a incerteza em casos que a carga e a economia são variáveis.

Pode-se utilizar a opção C, que consiste em efectuar a medição de energia na instalação toda, abrangendo consumos de equipamentos que não foram abrangidos por medidas de eficiência energética. Esta medição pode ser realizada utilizando os aparelhos de medição do fornecedor de energia, efectuando-se uma simples comparação com os valores do ano-base ou análises de regressão. A energia é medida durante um período estipulado antes de implementar as medidas de eficiência energética e é medida continuamente depois destas medidas serem implementadas.

Com a opção C é avaliado o desempenho global de todas as medidas de eficiência e não o desempenho individual de cada medida implementada, como é evidente, neste tipo de medição, em que as medições incluem o impacto de qualquer outra mudança do uso de energia da instalação, este facto pode ser positivo ou negativo. Esta opção apenas pode ser utilizada se existir uma grande interacção entre as medidas tomadas e o restante edifício, ou se a medição isolada das medidas implica um custo elevado que não justifique o risco corrido.

Esta opção destina-se a projectos onde se esperam poupanças energéticas suficientemente grandes, para ser possível distinguir as economias das variações aleatórias ou inexplicáveis que se encontram no consumo energético de uma instalação. Quanto menores forem as variações inexplicáveis ocorridas durante o ano-base, mais fácil é de identificar as medidas. Também quanto maior for o período de análise das economias menor é o impacto das variações inexplicáveis de curto prazo. Tipicamente as economias devem ser superiores a 10% da energia do ano-base, se forem separadas das interferências nos dados desse ano [28].

Tal como na opção A, devem ser realizadas inspecções periódicas em todos os equipamentos e operações depois de instalar os novos equipamentos. Estas inspecções permitirão identificar alterações ocorridas nas condições do ano-base.

Se for efectuada a medição do consumo do edifício inteiro, é necessário ter atenção a dados climáticos e os dados de ocupação. Normalmente apenas tem importância a temperatura exterior do edifício, dependendo do ambiente da instalação. A ocupação pode ser definida de várias formas tais como: factor de ocupação de sala de hotel, horas de ocupação de um prédio de escritórios, número de horas de ocupação (dias de semana / fins de semana) [26]. Estas variáveis normalmente são cíclicas, logo o seu impacto na energia consumida na instalação pode ser determinada através de modelos matemáticos. Os dados climáticos e de ocupação devem ser medidos e registados para o mesmo período que os consumos energéticos.

A opção C requer entre 12 a 36 meses (um ano ou vários anos), de medidas de energia contínuas do ano-base diários ou mensais, ou dados contínuos durante o período *pós-retrofit*, uma vez que os modelos com menos dados podem originar desvios significativos na regressão [26]. Em suma, a opção C apenas deve ser aplicada onde seja possível obter variáveis climáticas ou de ocupação que estejam correlacionadas com o consumo energético, as economias devem ser grandes para poderem ser separadas das interferências nos dados do ano-base durante o período de monitorização.

Neste caso a opção D, apresentada no IPMVP, não pode ser aplicada pois para esse caso não existe medição real das poupanças alcançadas. Não é viável existir remuneração variável, com as poupanças para além de um desempenho esperado, sem existir medição real. Pode-se observar que na opção C também não existe a certeza completa dos benefícios alcançados pelas medidas implementadas e outras reduções alcançadas noutros equipamentos, contudo, se existir acordo com o cliente podem ser efectuadas este tipo de medição e verificação.

A ferramenta estudada e desenvolvida na presente dissertação permite qualquer uma das opções de medição mencionadas anteriormente. O utilizador da ferramenta tem de saber qual é a melhor forma de agregar as soluções de modo a efectuar a medição sem que o seu custo seja demasiado elevado, e cumprindo todos os requisitos técnicos da instalação. Assim, deve criar os grupos de medição e verificação necessários, pode agregar várias medidas de eficiência implementadas num mesmo grupo ou criar um grupo para cada medida. Na ferramenta não existe a descrição se a medição é efectuada segundo a opção A, B ou C, definida no IPMVP. A opção de medição e verificação implementada pode ser passada para o anexo do contrato de performance, inserindo na descrição do grupo a opção que foi tomada para efectuar a respectiva medição e a verificação das poupanças alcançadas.

Os parâmetros dos grupos de medição e verificação criados para cada projecto que serão implementados, podem ser ajustados antes ou durante o processo negocial com o cliente. Antes do processo negocial o utilizador já deve ter noção de como vai efectuar a medição e verificação, deve também conhecer as restrições técnicas existentes na instalação do cliente.

Os parâmetros de cada grupo são o valor do investimento inicial, o custo anual desse mesmo grupo e uma inflação esperada para aumento do custo anual, esta inflação pode ser nula se assim se pretender, uma vez que não é obrigatório existir inflação nessas medidas. Para além destes parâmetros é possível inserir uma descrição de cada grupo de modo ao grupo ser facilmente identificado no contrato de performance.

Para a operação e manutenção dos equipamentos que foram alvos de medidas de eficiência energética existem grupos tais como os da medição e verificação. Estes grupos podem ser constituídos por uma medida, por várias medidas ou até por todas as medidas que serão implementadas. Os grupos de operação e manutenção são completamente independentes dos de medição e verificação, isto é, um grupo de operação e manutenção pode ter medidas que pertençam a grupos diferentes de medição e verificação e *vice-versa*.

Tal como a medição e verificação os grupos de operação e manutenção podem ser formados e definidos, antes ou durante o processo negocial. É importante defini-los para ficar registado no contrato como será efectuada a operação e a manutenção dos sistemas.

Os parâmetros dos diferentes grupos de operação e manutenção são iguais aos parâmetros da medição e verificação.

A selecção das medidas que estão em cada grupo não são realizadas no mesmo local em que são determinados os parâmetros dos grupos, as medidas associadas a cada grupo são inseridas na agregação das soluções.

### 3.6 Negociação

Na Figura 15 pode-se observar o diagrama de todo o processo negocial desenvolvido na presente dissertação. Este processo negocial está repartido em duas partes, a negociação técnica e a negociação financeira.

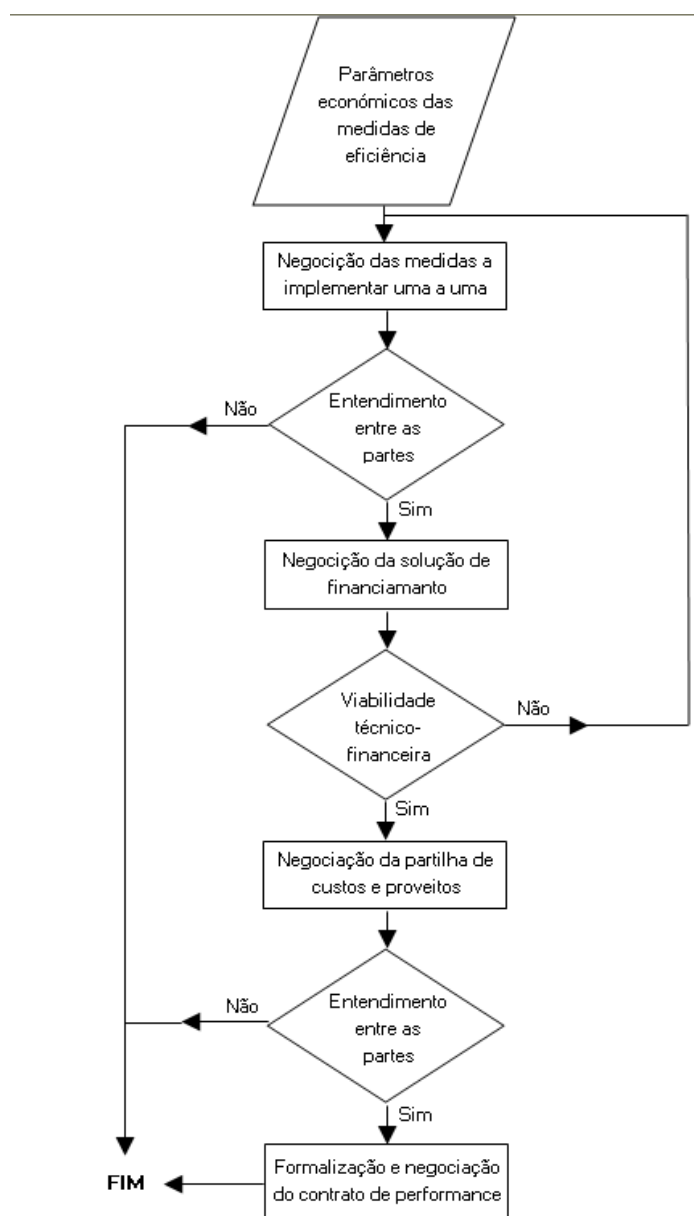


Figura 15 - Esquema da negociação.

### 3.6.1 Negociação Técnica

A negociação técnica é realizada com a ajuda da *form* de agregação de soluções, visível na figura 13. Nesta negociação, as soluções são negociadas individualmente com o cliente. As possíveis soluções, apresentadas ao cliente, são todas possíveis de implementar sob o ponto de vista técnico e económico. Podem existir soluções que apresentem baixos ganhos para o projecto, na sua globalidade e que apresentem investimentos iniciais elevados que o cliente não está disposto a efectuar. Existem ainda soluções que o cliente pode não querer implementar, na sua instalação, pelas mais variáveis razões. As soluções podem ser ordenadas por um qualquer critério económico e ser escolhidas apenas as soluções mais vantajosas sobre o ponto de vista financeiro. O investimento inicial pode ser também um critério a utilizar na selecção das medidas de eficiência a implementar. Finda esta fase de negociação, é proposto ao cliente, por parte da ESCO, o esquema de medição e verificação, assim como o de operação e manutenção. Nesta fase não existe muito poder negocial por parte do cliente, uma vez que têm de ser respeitadas as questões técnicas e a ESCO tem de assegurar um



determinado nível de poupança que tem de ser medido. Contudo podem ser negociados, com o cliente, alguns aspectos pontuais, dependendo do risco que este e a ESCO estão dispostos a correr.

### 3.6.2 Negociação Financeira

Depois da conclusão da negociação técnica parte-se para a negociação financeira. Esta fase está dividida em duas partes. Uma correspondente à negociação de financiamento e outra correspondente à negociação da partilha de custos e proveitos.

A negociação de financiamento pode envolver terceiras entidades que estejam dispostas a realizar o financiamento do investimento, parcialmente ou na totalidade. Caso o cliente não tenha capital disponível e não pretenda ou não possa pedir financiamento a terceiros, a ESCO pode assumir esse financiamento. No caso de ser a ESCO a adquirir financiamento, o projecto terá que gerar receitas suficientes, para pagar os serviços prestados pela ESCO assim como os encargos financeiros que esta terá de suportar.

Se for chegada à conclusão que o projecto não tem viabilidade técnico financeira, depois da negociação de financiamento, pode-se voltar atrás e tornar a negociar as soluções a implementar. Podem ser seleccionadas outras medidas de forma a alterar o investimento inicial e o proveito anual esperado, devido à implementação das medidas de eficiência energética.

A negociação de custos e proveitos é realizada com a ajuda da *form* negociação de custos e proveitos, representada no Anexo I. Nesta fase a distribuição dos custos pelo cliente e pela ESCO já estão praticamente distribuídos, pois foram negociados na negociação financeira.

A partilha de custos pode ser efectuada pelo cliente e pela ESCO apenas, ou pode envolver mais entidades, sendo a responsabilidade por estas entidades por parte da ESCO. O investimento por parte do cliente ou da ESCO pode ser através de capital próprio destes ou através de um empréstimo bancário, sendo que no caso de ser através de um empréstimo bancário, os parâmetros desse empréstimo devem ser fornecidos para quem estiver a negociar saber quanto é que necessita de receber para pagar os seus empréstimos. As entidades da responsabilidade da ESCO, designadas no programa por fundos, permitem obter financiamento dos projectos a fundo perdido ou dinheiro de investidores que apenas querem rentabilizar os seus activos. O investimento apenas corresponde ao investimento inicial, os reinvestimentos que são necessários efectuar ao longo do projecto estão a cargo da ESCO e são da responsabilidade desta entidade, sendo que a remuneração para fazer face a esses reinvestimentos deve ser obtida através da remuneração para a ESCO.

Logo à partida deve ser indicada a duração do contrato de performance, assim como a duração dos empréstimos bancários e dos fundos se existirem, não é obrigatório que a duração do contrato ESCO seja a definida inicialmente, pode durante o processo negocial ajustar esse tempo de modo a obter a rentabilidade pretendida.

A partilha de proveitos pode ser distribuída entre a ESCO e o cliente, mediante o acordo alcançado na negociação da partilha de proveitos.

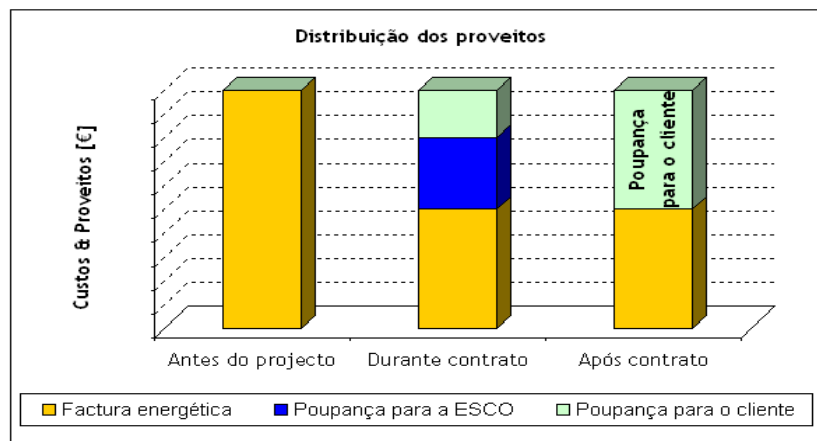


Figura 16 - Partilha dos proveitos entre o cliente e a ESCO.

Como se pode observar pela Figura 16, durante a duração do contrato de performance as economias podem ser repartidas pelo cliente e pela ESCO, sendo que a poupança que fica para o cliente pode ser pequena ou mesmo nula se o cliente não investir nada no projecto. Estes valores podem ser alterados de acordo com a duração do contrato, isto é, para contratos mais longos a ESCO pode auferir uma receita anual inferior do que no caso da menor duração do contrato. Após o termo do contrato a poupança adquirida pelas medidas implementadas no projecto ficam inteiramente para o cliente.

As economias são calculadas de acordo com a poupança de energia, podendo esta não ser apenas electricidade. Essa poupança tem de ser multiplicada pelo valor de referência dessa mesma energia, e os valores de referência são disponibilizados anualmente pela entidade reguladora da área em questão. No caso de existirem alterações dos valores de referência estes são actualizados anualmente consoante a variação do custo energético.

$$P_{n+1} = P_n \times \%R_{pg} \times \Delta_n + P_n \quad (3.6)$$

Onde,

$\Delta_n$  - Variação do custo do recurso = Preço do recurso no ano [n+1] - Preço do recurso no ano [n];

$P_n$  - Provento fixo no ano [n];

$P_{n+1}$  - Provento fixo no ano [n+1];

$\%R_{pg}$  - Percentagem do recurso, em que existiu alteração, no provento fixo do projecto.

A partilha de benefícios prevê a distribuição das receitas por todas as partes envolvidas no financiamento. A receita de cada entidade está dividida em duas componentes, uma fixa e outra variável. A remuneração dos fundos que a ferramenta apresenta no final é agregada à remuneração da ESCO.

A remuneração fixa provém da poupança energética mínima garantida pela ESCO, definida no fim da fase de projecto. Este valor pode ser reajustado se existir uma fase inicial de verificação dos consumos das medidas implementadas, mas se tal ocorrer tem de ser realizado novo processo de negociação com o cliente para definir os valores que cada um recebe.

Se o valor real da poupança energética for inferior a este mínimo garantido pela ESCO, esta tem o direito de realizar uma auditoria à instalação do cliente, para verificar se existiram alterações que tenham influenciado a poupança energética. Caso se verifique que a culpa é do cliente, este é obrigado a pagar à ESCO o valor que esta estava à espera de receber. No caso da ESCO não conseguir provar que existiram alterações à instalação ou que existiram alterações das quantidades de produção, entre outras que influenciem o desempenho das medidas efectuadas na instalação, a ESCO tem de pagar ao cliente o que este estava à espera de receber.

A ESCO pode efectuar um seguro para se proteger no caso de algum projecto falhar e não gerar as receitas mínimas esperadas, deste modo, o seguro pode cobrir o prejuízo da ESCO. O seguro não tem de ser realizado sobre o montante global dos valores fixos, pode ser realizado apenas sobre os valores do cliente e sobre os encargos financeiros, ficando a ESCO com os seus prejuízos, mas este caso depende do valor das apólices de seguros. Neste momento já existem em Portugal companhias de seguros capazes de realizar estes tipos de seguros para contratos de performance para medidas de eficiência energética.

Este valor mínimo garantido sobre o qual são calculados os proveitos fixos é calculado de acordo com as incertezas que são inseridas na introdução de cada medida de eficiência energética que pode ser implementada. O valor esperado da poupança, calculado admitindo que não existe incerteza nas variáveis, é superior ao valor mínimo esperado, o que faz com que haja aqui ainda uma margem de poupança que deve ser distribuída pelas entidades envolvidas no contrato de performance. A distribuição desse valor chama-se valor variável, uma vez que depende do consumo dos equipamentos inseridos e depende também do comportamento dos utilizadores, esse valor é calculado anualmente dependendo da poupança real verificada. O que é negociado no programa não é o valor concreto, mas sim a percentagem do valor variável para cada um, uma vez que este valor variável não é conhecido à partida do projecto. Na Figura 17, observa-se a distribuição dos custos fixos e dos custos variáveis durante o período do EPC.

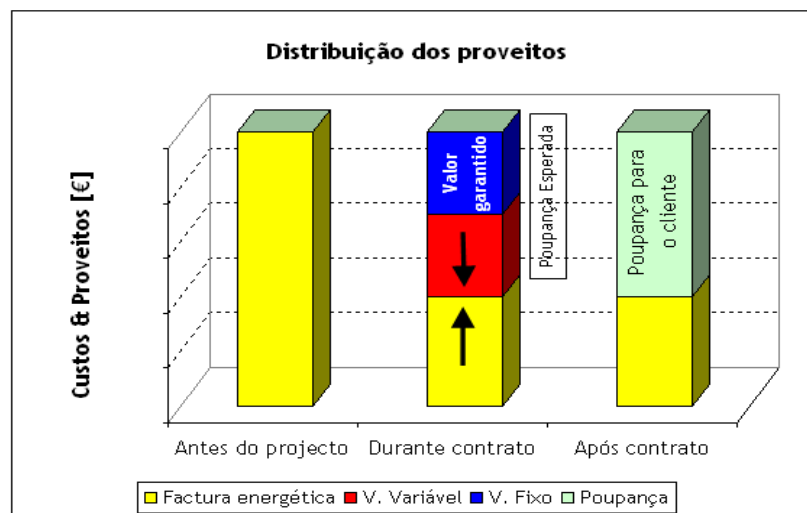


Figura 17 - Valor fixo e valor variável durante o contrato ESCO.

Assim sendo, têm de ser negociadas as percentagens fixas e variáveis que ficam para a ESCO e para o cliente. As percentagens fixas e variáveis podem ser diferentes de acordo com o processo negocial. A percentagem fixa pode ter uma parte que se destina à entidade financiadora, essa parte pode ser no proveito fixo do cliente ou no proveito fixo da ESCO, dependendo de quem pediu o financiamento a um terceira entidade. Se existiu financiamento por parte de terceiros ao cliente e à ESCO, esta parte do proveito para essa terceira entidade tem de estar presente nos proveitos fixos do cliente e nos proveitos fixos da ESCO. O valor fixo tem de chegar obrigatoriamente para pagar encargos fixos inerentes ao projecto, quer do cliente quer da ESCO, no caso de não se conseguir cobrir todas as despesas com o proveito fixo pode-se estender a duração do contrato e assim obter os fundos necessários. O proveito variável tem de ser visto como um capital de risco pois este pode ser nulo, por este facto têm de ser tomadas as precauções adequadas. A Figura 18 mostra como podem ser distribuídos, pelo cliente e pela ESCO, os proveitos fixos e variáveis.

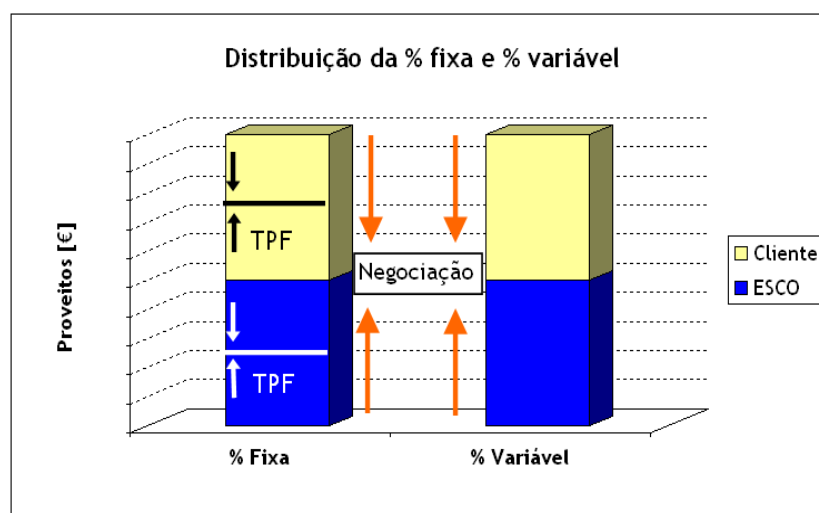


Figura 18 - Distribuição da percentagem fixa e da percentagem variável entre o cliente e a ESCO.

Esta metodologia permite várias formas de contrato, admite as formas tradicionais como o *Guaranteed Savings* ou o *Shared Savings* e também permite assegurar contratos do tipo *Build-OWN-Operate-Transfer*. Para o *Guaranteed Savings* a ESCO responsabiliza-se pelo desempenho mínimo, que corresponde à taxa fixa em que é remunerada apenas pela taxa fixa, sendo a taxa variável inteiramente para o cliente, também é apenas o cliente que corre o risco do

investimento, tem de ser o cliente a suportar o investimento inicial, a ESCO não faz investimento inicial. Para o *Shared Savings* é a ESCO que faz o investimento inicial e recebe as receitas geradas pelo projecto, durante os anos necessários para obter o retorno dos capitais investidos, assim como a remuneração pretendida pelo serviço prestado. Neste caso, a ESCO fica com a totalidade da percentagem fixa e o investimento realizado pelo cliente é de zero euros. O tipo *Build-Own-Operate-Transfer* é o caso em que a ESCO faz o investimento inicial e fica com a totalidade da taxa fixa, podendo transferir o projecto ao fim de um dado tempo por um valor contratado. Para além de poder criar qualquer tipo dos contratos referidos anteriormente é possível criar soluções mistas em que os riscos de investimento podem ser partilhados pelo cliente e pela ESCO, permite a introdução de capitais provenientes de eventuais ajudas de programas estatais para estes tipos de projectos (designados na ferramenta por fundos). A partilha de benefícios pode ser feita também de modo misto, tendo uma parte fixa para o cliente e para a ESCO, assim como uma parte variável que pode ser distribuída também pela ESCO não ficando apenas para o cliente como é no tipo de *Guaranteed savings* ou apenas para a ESCO, como no tipo *Shared savings*.

O cliente tem sempre a possibilidade no final de cada ano de rescindir o contrato com a ESCO. Nesse caso, tem de indemnizar através de uma cláusula de rescisão que é menor quanto mais tempo passar desde o início do contrato de performance. O valor da cláusula de rescisão é o valor esperado no projecto no ano em questão, mais uma quantia de perda do rendimento esperado por parte da ESCO. Outra possibilidade que o cliente tem é de diminuir a duração do contrato depois de ter ocorrido pelo menos um ano e de saber qual foi a remuneração dos anos anteriores. Nesse caso, as taxas de remuneração têm de ser renegociadas entre a ESCO e o cliente, pois a ESCO tem de ficar com uma taxa superior para obter o retorno de capital e o lucro esperado. Neste caso, pode ficar com a totalidade da taxa variável do cliente e pode ainda ficar com uma parte da taxa fixa do cliente, no caso de o cliente possuir uma percentagem de lucro na remuneração fixa, ou se não tiver margem de lucro mas quiser correr o risco de pagar os seus encargos financeiros com a taxa variável. No caso de alteração da duração do contrato, o que é necessário fazer é uma negociação das taxas, como foi realizada para a celebração do contrato, sendo que nesse caso tem de se entrar com os valores fixos recebidos anteriormente.

Para implementar a remuneração desta forma é necessário realizar a medição e a verificação das medidas. A medição tem de ser efectuada de forma contínua, embora levante encargos superiores do que outros tipos de medição, é a única forma de saber qual a poupança efectiva obtida pela implementação das medidas de eficiência energética. A medição contínua tem de ser efectuada com a instalação de equipamentos de medição logo após a data de início do contrato de performance.

Para ajudar à negociação o programa mostra dois gráficos, um com o VAL e outro com a TIR, nestes gráficos são apresentados cinco cenários. No cenário mais pessimista o proveito variável é igual a zero, o cenário realista é calculado com os valores esperados de poupança, e o cenário mais optimista é calculado tendo em atenção a incerteza inserida em cada uma das medidas de eficiência fazendo com que todas as medidas obtenham a poupança de energia máxima prevista. A Figura 19 e a Figura 20 mostram o valor do VAL e da TIR consoante os cenários, mais pessimista ou o mais optimista. Para este exemplo foi considerado que o cliente investe 35% do investimento inicial enquanto a ESCO investe os restantes 65%.

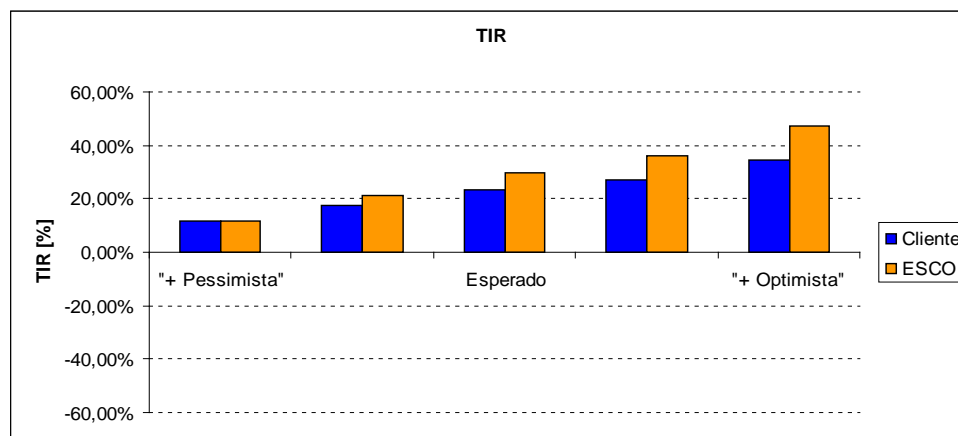


Figura 19 - Gráfico da taxa interna de rentabilidade esperada.

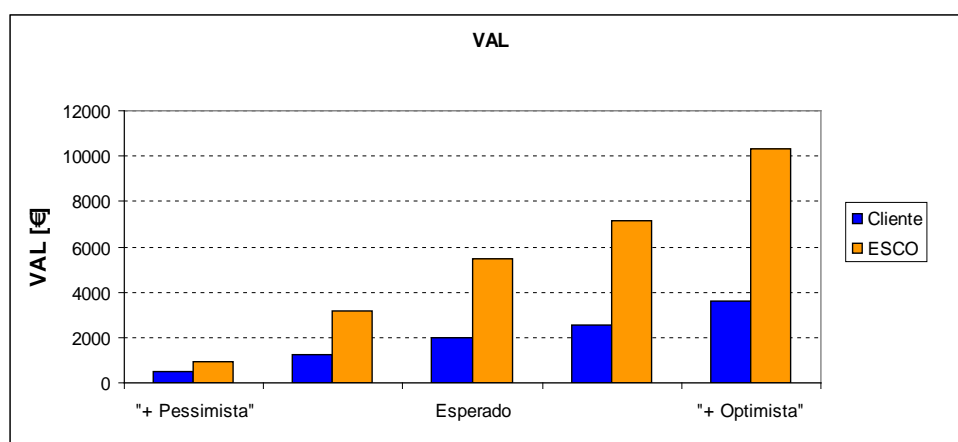


Figura 20 - Gráfico com o valor actual líquido esperado.

A ferramenta também informa no final o valor de quanto é que o cliente teria de pagar à ESCO para esta abandonar o projecto. Este valor é meramente informativo porque o valor real deve ser calculado anualmente de acordo com os valores reais da poupança, verificados durante o processo de medição e verificação.

### 3.7 Anexo ao Contrato de Performance

A ferramenta desenvolve o anexo ao contrato de performance, nesse anexo constam todas as tecnologias que irão ser implementadas assim como os proveitos que cada medida permite alcançar. Para cada tecnologia aparece nesse anexo uma definição e uma breve descrição da tecnologia em questão, de seguida aparecem as medidas implementadas dessa tecnologia com a indicação do número de equipamentos trocados, da poupança energética conseguida com essa medida e o valor correspondente a essa medida em €. Também aparece, a título informativo, as toneladas de CO<sub>2</sub> evitadas com a implementação desta medida.

A secção da medição e verificação começa com a apresentação de uma definição e de uma descrição do que se entende por M&V. Nesta parte do anexo, fica a informação do número de grupos para M&V que serão criados no projecto, assim como os custos de cada grupo e as medidas que estão incorporadas dentro de cada grupo. São apresentados os consumos esperados para cada grupo. A secção da operação e manutenção é apresentada de forma semelhante à de medição e verificação.

A secção de custos e proveitos está separada na partilha de custos e na partilha de proveitos. Na partilha de custos são apresentados todos os custos de implementação do presente projecto e quanto é que cada entidade paga inicialmente. Na partilha de proveitos é feita uma breve explicação do modo como é calculada a remuneração, depois aparecem os valores da remuneração fixa, seguindo as percentagens variáveis para a ESCO e para o

cliente. No final, aparece a título informativo a poupança total da energia que se obtém com a implementação do projecto.

O anexo gerado pela ferramenta apresenta diversas cláusulas que estão agregadas a algumas medidas de eficiência que ambas as partes têm de cumprir. Essas cláusulas aparecem no final das medidas de eficiência às quais as cláusulas se referem.

### 3.8 Resumo

Para além de ajudar no processo de engenharia com a escolha das soluções mais adequadas para uma questão técnica, a ferramenta ajuda de modo significativo na negociação com o cliente, podendo durante o processo negocial seleccionar mais ou menos medidas a implementar de acordo com o capital disponível, permite também mostrar todos os parâmetros económicos do projecto mediante os avanços das negociações.

No final do processo negocial, e se as partes chegarem a acordo, a ferramenta pode desenvolver os anexos do contrato em que enumera todas as medidas que irão ser tomadas assim como todas as condições contratuais resultantes da negociação com o cliente. Com o anexo do contrato é possível assinar de imediato o contrato de performance para medidas de eficiência energética.

## 4. Caso Prático

### 4.1 Descrição

Para validação e verificação da metodologia e da ferramenta desenvolvida no âmbito desta dissertação, recorreu-se a um caso prático real. Este caso foi desenvolvido de acordo com as instalações do Instituto de São José em Oliveira de São Mateus. Este Instituto compreende instalações de um infantário com 219 crianças, desde os quatro meses até aos dois anos, funcionando também um ATL (Actividades de Tempos Livres) durante o período escolar. Além do infantário e do ATL funciona também um lar de terceira idade com cerca de 60 idosos.

Após uma inspecção ao equipamento existente na instituição verificaram-se vários problemas de eficiência energética, que podem ser corrigidos facilmente. Existem outros problemas mais complexos que devido à falta de tempo para os estudar (em concreto, as melhores medidas a implementar), não serão estudados na presente dissertação.

As medidas de eficiência propostas servem para verificar a metodologia desenvolvida, e todo o processo negocial com o cliente.

A principal motivação para a criação deste caso prático relaciona-se com a possibilidade de se aplicar a metodologia e a ferramenta desenvolvida num caso real, onde o consumo energético represente um factor dominante nas despesas mensais da instituição. Com este caso pretende-se fazer um estudo superficial dos principais consumos de energia na instalação do cliente e verificar onde é possível reduzir o consumo nessa mesma instalação. Depois de verificar onde e como se podem efectuar poupanças económicas é necessário inserir as medidas de eficiência energética na ferramenta desenvolvida e passar para a fase de negociação com o cliente. Depois da fase negocial pretende-se que sejam criados os anexos técnicos e financeiros de um EPC.

### 4.2 Identificação das Medidas de Eficiência Energética

O infantário e o lar têm o aquecimento das instalações e de água quente sanitária através de uma caldeira a gasóleo. Não é possível obter o consumo de gasóleo, com base nas facturas, apenas da instalação do infantário, porque as facturas são comuns às instalações do infantário e do lar. No consumo eléctrico a situação é semelhante à do gasóleo, apenas existe uma factura de consumo eléctrico total de ambos os edifícios. A energia eléctrica é adquirida em média tensão, fornecida através de um posto de transformação próprio de 100 kVA.

No infantário existem problemas de isolamento térmico principalmente ao nível da cobertura. O aquecimento das instalações não tem controlo localizado de temperatura de ambiente. Outra deficiência detectada relaciona-se com a iluminação das instalações, apesar

de estarem equipadas com lâmpadas fluorescentes, não utilizam balastros electrónicos. Os balastros electrónicos permitem um aumento da luminosidade obtida pela luminária em aproximadamente 10% e uma redução de consumo aproximadamente de 20%. Todas as luminárias precisam de manutenção afim de limpar os seus reflectores, aumentando o rendimento de operacionalidade. Os detectores de presença, quando instalados em instalações sanitárias, possibilitam a redução entre 30 a 75 % do tempo de funcionamento da instalação [44].

Mediante a identificação dos problemas para teste da ferramenta propõe-se a substituição de balastros magnéticos por balastros electrónicos nas lâmpadas fluorescentes, com inserção de detectores de presença nas instalações sanitárias. Onde existem lâmpadas incandescentes é proposto a substituição por lâmpadas fluorescentes compactas. A listagem do equipamento de iluminação existente na instalação do infantário, assim como as horas de funcionamento diárias das instalações, podem ser encontradas no Anexo J. As horas de funcionamento diárias da instalação foram fornecidas pelo cliente.

Na instalação do lar o aquecimento é realizado da mesma forma do infantário, com radiadores sem controlo local de temperatura. No caso da iluminação existem muitas lâmpadas incandescentes e algumas fluorescentes, nestes casos é proposta a troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas e a troca de balastros ferromagnéticos por electrónicos, nas lâmpadas fluorescentes. As luminárias fluorescentes são recentes pelo que não se justifica a troca destas, no caso de se pretender trocar deve-se optar pela tecnologia T5, que apresenta uma eficiência superior às convencionais, de tecnologia T8.

Na entrada principal do lar existem cinco luminárias fluorescentes num estado bastante degradado, assim como na sala do ATL. Para estes casos é proposta uma troca de luminárias. Nestes casos a proposta é para a inserção de luminárias com lâmpadas fluorescentes da tecnologia T5. Tal como na instalação do infantário propõe-se a instalação de detectores de presença nos quartos de banho e nas escadas interiores. Nos corredores não foi feita essa proposta porque os responsáveis pela instalação informaram que não pretendiam a instalação de tais equipamentos nos corredores por questões de segurança. A listagem do equipamento de iluminação existente na instalação do lar, assim como as horas de funcionamento diárias das instalações, podem ser encontradas no Anexo K.

Tal como na instalação do infantário, no lar existe uma deficiência de isolamento ao nível da cobertura, assim como na caixilharia. A caixilharia apresenta vidro simples o que provoca perdas de calor para o exterior, assim como entrada de calor do exterior. Estas perdas podiam ser evitadas se fosse utilizada caixilharia com vidro duplo, contudo, não é abordada esta medida devido à ausência de tempo para formular as perdas de calor e os ganhos que poderiam ser adquiridos com a implementação dessas medidas.

Os equipamentos de frio são equipamentos recentes, com menos de dois anos, pelo que não é viável proceder à sua substituição por outros equipamentos.

Na instalação da cozinha, não serão propostas medidas de eficiência energética, mais uma vez devido à escassez de tempo para realizar um levantamento dos equipamentos e dos consumos energéticos existentes na cozinha.

Na lavandaria, as máquinas existentes são recentes, já possuem entrada de água quente ligada à instalação de aquecimento de água quente do edifício, por estes factos é proposta apenas uma alteração do comportamento. Da visita realizada às instalações, pode-se verificar que estas máquinas funcionam com baixos níveis de carga, por este facto propõe-se a utilização destas máquinas com um nível de carga mais elevado. Para isso, incentiva-se o utilizador destas máquinas pagando-lhe uma percentagem da energia que conseguir poupar através desta medida.

Existe um elevador de carga que permite o transporte de alimentos das arrecadações, instaladas no piso inferior, para a cozinha, além dos alimentos são transportadas por esse elevador as refeições que são servidas ao domicílio. Este equipamento apresenta um motor eléctrico de indução trifásico, muito antigo e pouco eficiente, por este facto, propõe-se a troca deste motor por um motor de Classe 1, mais eficiente.

Através dos consumos de gasóleo para o aquecimento verificou-se que existia um elevado consumo em Água Quente Sanitária (AQS), pelo que se propôs uma solução de instalar colectores solares térmicos para reduzir a factura energética em AQS. Apenas dois locais do edifício cumprem os requisitos para a instalação de painéis solares térmicos, esses dois locais têm aproximadamente 50m<sup>2</sup>. Pelo que a proposta apresentada é para a instalação de 50 m<sup>2</sup>



de painéis solares térmicos. Para implementar esta medida é necessário realizar um investimento de 50.000 € e espera-se uma produção anual de 25.862 tep o que permitirá uma poupança anual de 6.000 €.

## 4.3 Negociação do EPC

Para este caso foram considerados três esquemas diferentes de obtenção de financiamento para a implementação do projecto.

As taxas para o cliente foram definidas em função de um contacto existente entre o negociador (autor desta dissertação) e o cliente, em que foi tomado conhecimento dos requisitos que o cliente queria para implementar as medidas de eficiência energética.

Existem medidas que não têm viabilidade financeira individualmente, como é o exemplo da inserção de detectores de presença no WC do rés-do-chão do infantário, porque este WC possui apenas quatro lâmpadas incandescentes. As lâmpadas serão trocadas por fluorescentes compactas. Este facto faz com que a poupança alcançada com a introdução do detector de presença, não seja suficiente para amortizar o custo do detector.

Para a M&V são criados três grupos, a medição é instalada no quadro eléctrico principal da instalação eléctrica, nas diversas saídas desse mesmo quadro. A medição é realizada pelo menos três meses antes de implementar o projecto de forma a obter valores de consumo antes da implementação do projecto de eficiência. Um dos grupos para medição e verificação das medidas de eficiência implementadas seria instalado no infantário. Outro grupo efectua a medição dos consumos para os pisos 0,1 e 2 do lar. O terceiro grupo efectua a medição do piso -1 da instalação. Os consumos da cozinha, dos equipamentos de frio assim como os da lavandaria são isolados, uma vez que as saídas do quadro principal onde é efectuada a medição são separadas das restantes. A medição do consumo eléctrico da lavandaria é medida directamente, pois a medida implementada assume desde logo a implementação de uma unidade de medição.

Os grupos de medição e verificação têm um investimento inicial de 100 €, que corresponde ao custo da unidade de medição e considerou-se um custo anual de 50 €.

Para a O&M são criados 2 grupos, um grupo para os painéis solares térmicos com um custo anual de 500 €, e um restante grupo para todas as outras medidas com um custo anual de 100€. A operação e manutenção não engloba os custos de re-investimento que será necessário efectuar em algumas medidas, esse custo é inserido directamente nos valores da ESCO.

### 4.3.1 Simulação 1

Para este caso foram implementadas todas as medidas de eficiência propostas ao cliente. Neste caso, assumiu-se que existe um fundo estatal que financia 70% do custo da substituição de equipamento de iluminação, financia também em 70% a introdução de energias renováveis como é o caso da instalação dos painéis solares térmicos.

Para a implementação de todas as medidas é necessário realizar um investimento inicial de 54.659,28 €, deste valor 37.783,4 € são obtidos através do fundo de investimento estatal. O restante valor é obtido pela ESCO. Para financiar o projecto, a ESCO recorre a um empréstimo bancário no valor de 16.500 € com uma taxa de juros de 7% e uma duração de 5 anos, o restante valor para proceder ao acerto final é financiado pela ESCO. O cliente não participa na partilha de custos, devido à indisponibilidade de capital para financiar o projecto.

Com a introdução do valor de financiamento do fundo, a implementação de todas as medidas propostas ao cliente torna-se rentável. Contudo o interesse do fundo não é favorecer as ESCO, mas sim incentivar a introdução de equipamentos eficientes e utilizar a energia de forma racional.

Considerou-se uma duração de 5 anos para o contrato de performance, em que a ESCO fica com 90% dos valores fixos (5.415,7 €) e com 50% dos valores variáveis. Com este projecto espera-se que se gere uma receita anual de 7.347,30 €, sendo que o valor mínimo garantido pela ESCO é de 6.017,45 € anuais. Com este caso, a ESCO corre o risco financeiro do

empréstimo bancário, somando à prestação do empréstimo os custos anuais de M&V e de O&M a ESCO tem um encargo fixo anual de 4.774,2 €.

Na Figura 21 e na Figura 22 pode-se observar respectivamente a TIR e o VAL do projecto para a ESCO e para o cliente, de acordo com cenários mais pessimistas e com cenários mais realistas.

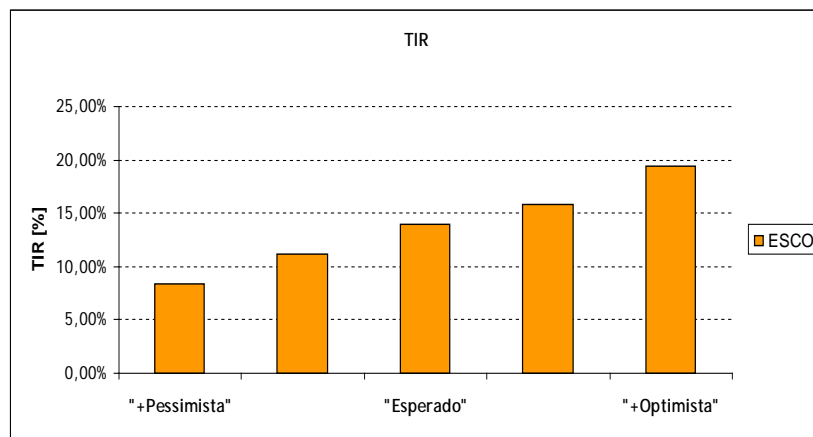


Figura 21 - Simulação 1 evolução da TIR de acordo com cenários possíveis.

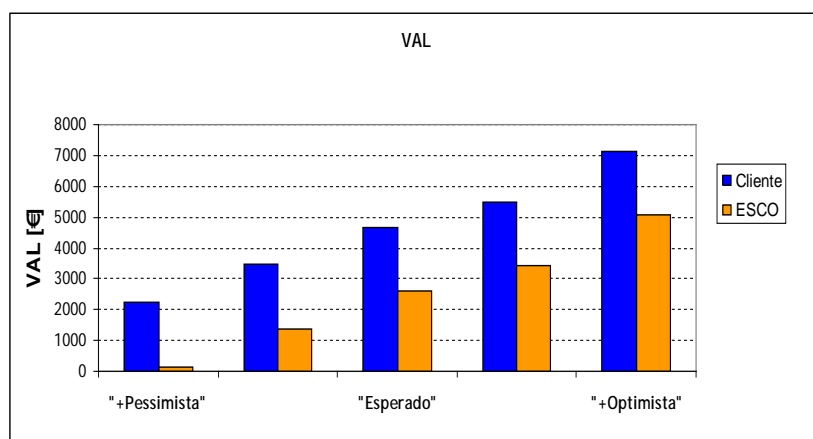


Figura 22 - Simulação 2 evolução da TIR de acordo com cenários possíveis.

### 4.3.2 Simulação 2

Nesta simulação é a ESCO que corre o risco de financiamento e o risco de desempenho das medidas implementadas. A ESCO realiza a totalidade do investimento 52.255,18 €, sendo que para este caso foi necessário retirar algumas medidas de eficiência. As medidas retiradas são medidas que não apresentam um VAL positivo, tais como os detectores de presença em alguns quartos de banho, troca de balastos nas lâmpadas fluorescentes de 36W na instalação do infantário. A medida de troca de motor no monta-cargas não foi seleccionada, em virtude de o número anual de horas de funcionamento não permitir alcançar poupanças atractivas, de forma a amortizar o investimento realizado.

Do investimento realizado 50.000€ é obtido através de um empréstimo bancário com uma taxa de juros de 7% e uma duração de 17 anos, a renda anual a pagar pelo empréstimo bancário é de 5.121 €. Para este caso, a ESCO fica com a totalidade do valor fixo (5.895,5 €) e com 95% da poupança variável, sendo assim, o cliente não fica com nenhum valor fixo porque não realiza qualquer investimento, os 5% de taxa variável serve como incentivo ao cliente para realizar um uso eficiente da energia.

As poupanças anuais esperadas com a implementação deste projecto são de 7.194,87 €, sendo que o valor mínimo garantido de poupança, pela ESCO é de 5.895,51 €. Na Figura 23 e

na Figura 24 é possível observar a evolução do VAL e da TIR do projecto de acordo com cinco cenários possíveis.

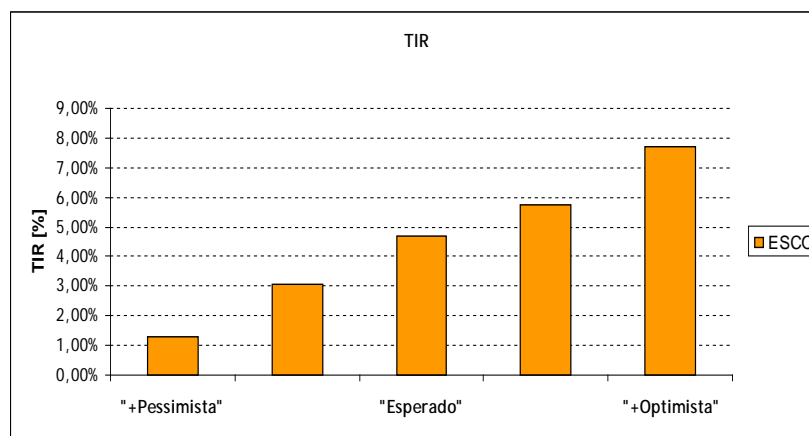


Figura 23 – Simulação 2 evolução da TIR de acordo com cenários possíveis.

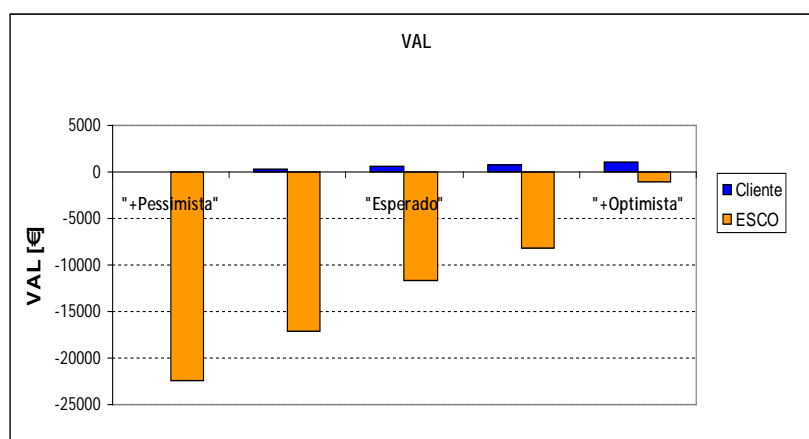


Figura 24 – Simulação 2 evolução da VAL de acordo com cenários possíveis.

### 4.3.3 Simulação 3

Para esta simulação, foram implementadas as mesmas medidas da Simulação 2. Nota-se que a inserção dos colectores solares térmicos obriga a aumentar a duração do contrato ESCO, pois esta medida apresenta um tempo de retorno superior a 9 anos.

Nesta simulação existe um fundo de investimento que está disposto a investir neste contrato de performance, realizando um investimento de 52.000 €, a ESCO investe o restante, 255,18 € para proceder ao acerto do preço final. Para esta simulação a duração do EPC é de 15 anos.

A partilha de benefícios é realizada entre a ESCO, o cliente e o fundo de investimento. O valor fixo é distribuído apenas entre a ESCO e o fundo, uma vez que a ESCO tem de garantir receitas para pagar os seus custos, a M&V e a O&M, que está a cargo desta. O cliente não recebe da parcela fixa porque não tem qualquer custo inicial ou anual com a implementação das medidas de eficiência energética. O valor fixo é distribuído entre as três partes envolvidas, sendo que o fundo fica com 90% deste valor, enquanto que o cliente e a ESCO ficam com 5% cada.

Tal como na Simulação 2 as poupanças anuais esperadas com a implementação deste projecto são de 7.194,87 €, sendo que o valor mínimo garantido de poupança, pela ESCO é de 5.895,51 €. Na Figura 25 e na Figura 26 é possível observar a evolução do VAL e da TIR do projecto de acordo com cinco cenários possíveis.

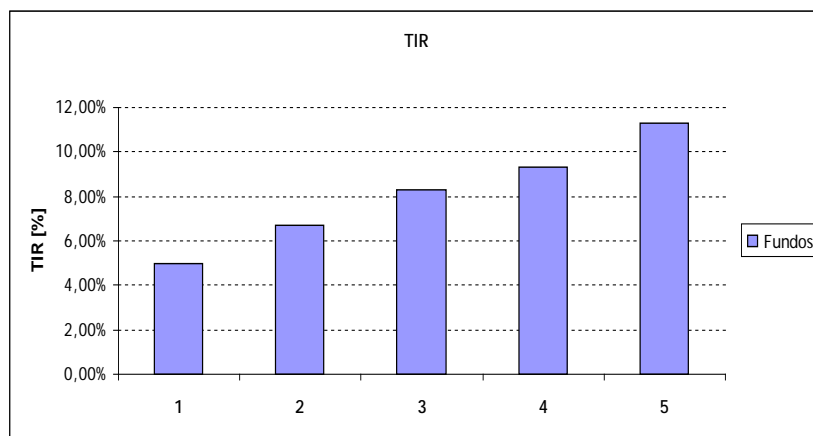


Figura 25 - Simulação 3 evolução da TIR de acordo com cenários possíveis.

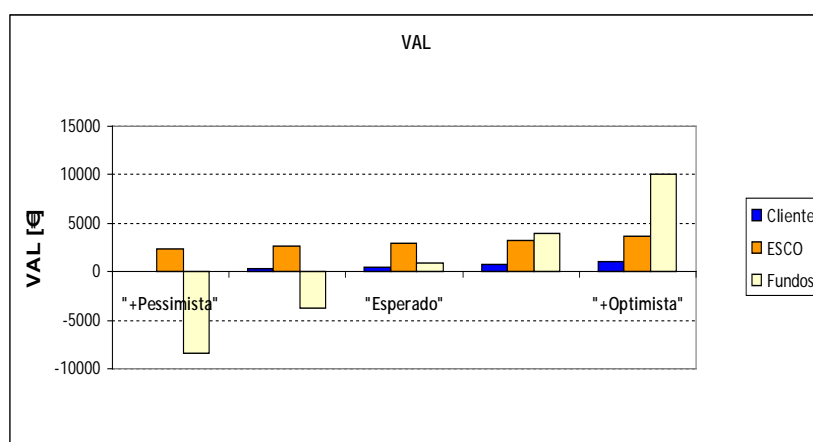


Figura 26 - Simulação 3 evolução do VAL de acordo com cenários possíveis.

#### 4.4 Comparação das Simulações e Conclusão

Como se observa, na Simulação 1, é viável a implementação de todas as medidas de eficiência propostas, devido à inserção do financiamento estatal de 70 % nas medidas de iluminação e nos painéis solares térmicos.

Do ponto de vista económico para a ESCO e para o cliente a melhor simulação é a 1, como é facilmente compreensível (financiamento a fundo perdido), o valor que é pago ao cliente durante o contrato poderia ser direccionado para outro fundo, ou poderia ser devolvido ao mesmo fundo. Esse outro fundo poderia financiar outras medidas de eficiência energética, para esta ou para outras instalações.

Observando o risco que a ESCO partilha, nomeadamente o risco financeiro, o melhor caso corresponde à Simulação 3, pois nesse caso a ESCO não recorre a financiamentos bancários, enquanto que na Simulação 2 a ESCO recorre a um empréstimo bancário de valor superior, com uma duração de contrato superior e com uma TIR menor. Por estas razões a Simulação 2 é a que apresenta mais risco para a ESCO.

Na eventualidade de estarem disponíveis estes três casos possíveis a simulação escolhida seria a Simulação 1, pois para o pior cenário apresenta uma TIR de 9 %, para uma duração de contrato de apenas 5 anos. O terceiro caso apresenta um VAL superior do que a Simulação 1, mas a duração do contrato é três vezes superior. Para o cliente a Simulação 1 é a mais vantajosa, pois apresenta um VAL muito superior para ele e também são realizadas todas as medidas de eficiência propostas. No Anexo L são mostrados o anexo técnico e o anexo financeiro que seria criado no caso de ser realizado um EPC com a Simulação 1.

Este caso prático permitiu aplicar a metodologia e a ferramenta desenvolvida em ambiente real. Permitiu também simular as poupanças energéticas que seriam alcançadas através da implementação das medidas propostas, inseridas na ferramenta. Através da ferramenta foi possível observar que existem soluções que são viáveis do ponto de vista técnico e não são viáveis do ponto de vista financeiro, assim como se verificou que mediante as soluções inseridas é necessário ajustar a duração do EPC de modo a obter as remunerações pretendidas.

Para além destes factos foi possível testar todo o processo negocial com o cliente de modo a criar diversos cenários diferentes. A metodologia desenvolvida permite simulações rápidas mediante o que está a ser negociado com o cliente em dado momento, permite no final obter os anexos técnico e financeiro do EPC.



## 5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Devido às preocupações ambientais torna-se necessário realizar um uso eficiente da energia consumida de forma a minimizar os impactos ambientais. A presente dissertação tem como base promover a eficiência energética, por parte do cliente, de forma a reduzir o consumo de energia, sem reduzir os índices de conforto e de produção do cliente.

A ausência de capital disponível para realizar o investimento em medidas de eficiência energética e, algum desconhecimento dessas medidas faz com que o utilizador final de energia a utilize de modo pouco eficiente.

Uma maneira de ajudar o utilizador de energia a utilizá-la de forma eficiente são os projectos ESCO que permitem a realização de medidas de eficiência energética sem existir a necessidade de investimento por parte do cliente. Um dos objectivos principais desta dissertação relaciona-se com o estudo do processo negocial entre uma ESCO e os seus clientes, para que este processo seja mais fácil e eficaz.

Devido à necessidade de aumentar o mercado ESCO em Portugal, para ser possível cumprir metas europeias de redução do consumo de energia através de medidas de eficiência energética, torna-se necessário o desenvolvimento de metodologias e ferramentas como a que foi estudada e desenvolvida para automatizar e facilitar a realização de contratos de performance.

A metodologia desenvolvida permite à ESCO a realização de anexos dos EPC com elevado detalhe técnico e financeiro de forma automatizada. A criação de contratos desta forma permite uma maior segurança para a ESCO e para o cliente, pois ficam bem definidas as obrigações da ESCO e do cliente. Ficam também definidos critérios de aplicação das tecnologias inseridas nas instalações do cliente. Com a metodologia é possível criar contratos detalhados, indicando todas as medidas que serão implementadas bem como as receitas esperadas com a implementação de cada uma das medidas, permite também especificar todos os protocolos de medição e verificação assim como os de operação e manutenção dos equipamentos. Uma outra vantagem desta metodologia relaciona-se com a poupança de muito tempo na realização dos contratos de performance, possibilitando uma negociação mais rápida. Com a redução da duração das negociações e da realização de contratos é possível reduzir os custos com os contratos de performance, com vantagem também para o cliente.

Não era objectivo principal, desta dissertação, aprofundar as diversas tecnologias que permitem um uso eficiente da energia, mas sim a criação de uma metodologia de negociação, onde as medidas de eficiência energética identificadas, através de uma auditoria ou pré-auditoria, sejam processadas durante o processo negocial. Por este facto, apenas foram abordadas algumas medidas para ser possível criar um contrato de performance e validar a metodologia de negociação. Apesar do facto de não terem sido abordadas muitas tecnologias, a aplicação permite a introdução de dados de eficiência calculados com a ajuda de outras ferramentas específicas para medidas de eficiência energética em equipamentos ou em edifícios.

Na metodologia de criação de EPC foi desenvolvido um esquema de remuneração da ESCO dividindo os proveitos em fixos ou variáveis, os proveitos variáveis depende do nível de poupança alcançado para além dos valores mínimos garantidos, também é possível definir

uma duração do contrato de modo a obter retorno dos capitais investidos e o lucro pretendido com o projecto.

A metodologia permite obter uma maior segurança quanto às poupanças energéticas que serão alcançadas, uma vez que as medidas são analisadas individualmente quanto à sua viabilidade económica. Desta forma, é possível reduzir os riscos associados aos EPC, pois ficam definidas todas as condições específicas de cada medida, assim como as poupanças alcançadas devido à implementação dessa medida, o que permite à ESCO aumentar os proveitos para o cliente e os seus próprios proveitos.

A ferramenta de negociação ajuda o agente da ESCO na negociação, mostrando-lhe sempre os parâmetros económicos do projecto de acordo com a distribuição dos custos e dos proveitos. O agente da ESCO pode a qualquer momento renegociar o pacote das medidas a implementar, com a intenção de alterar as receitas geradas pelo pacote das medidas de eficiência. De acordo com os parâmetros inseridos para a partilha de custos e proveitos e, ou das fontes de financiamento, é possível realizar qualquer tipo de EPC. A automatização da realização dos anexos técnicos e económicos dos EPC garante uma elevada produtividade deste processo complexo e normalmente muito demorado.

A metodologia foi validada num caso real, com a ajuda da aplicação desenvolvida. Nesse caso foram realizadas várias simulações da remuneração dos vários agentes envolvidos. Todas as medidas de eficiência, para a instalação, foram inseridas no processo negocial com ajuda das *forms* da ferramenta. Depois de inseridas as medidas de eficiência é possível determinar as medidas que não apresentam viabilidade financeira. Foram simulados cenários, onde se consideraram fundos de investimento e outros em que o financiamento do projecto provém de um empréstimo bancário obtido pela ESCO. De acordo com os investimentos realizados e com as medidas implementadas, pode-se variar a duração do contrato, de forma a obterem-se os proveitos fixos pretendidos. O caso prático permitiu comprovar a viabilidade da metodologia, e demonstrar a importância de realizar simulações rápidas dos parâmetros económicos durante o processo negocial.

Como futuros trabalhos propõe-se o desenvolvimento e o aprofundamento de novas tecnologias de eficiência energética em edifícios e em unidades fabris, de modo a ser possível o cálculo rápido das poupanças energéticas alcançadas e a possibilidade de inserir no processo negocial mais tecnologias de forma simples.

É possível criar um modelo de remuneração diferente consoante as situações e assim dar a possibilidade ao utilizador de escolher o modelo de remuneração que mais se adequa à situação em análise.



## Referências

- [1] P. Bertoldi, B. Boza-Kiss, and S. Rezessy, "Latest Development of Energy Service Companies across Europe."
- [2] ECO programa de Eficiência Energética: Disponível em: [http://www.eco.edp.pt/pt/eficiencia\\_energetica/lista.aspx](http://www.eco.edp.pt/pt/eficiencia_energetica/lista.aspx), Último acesso em Maio 2008.
- [3] Motiva, "International Review of ESCO-activities," Disponível em: International Review of ESCO-activities, Julho 2005.
- [4] Plano de Acção para a Eficiência Energética (2007-2012): Disponível em: <http://europa.eu/scadplus/leg/pt/lvb/l27064.htm>, Último acesso em Junho 2008.
- [5] Direcção Geral de Energia e Geologia: Disponível em: <http://www.dgge.pt/>, Último acesso em Maio 2008.
- [6] Celpa - Associação de Indústria Papeleira, "Consumo de Energia Eléctrica em Portugal," Disponível em: [http://www.celpa.pt/images/articles/202/importancia\\_energia.pdf](http://www.celpa.pt/images/articles/202/importancia_energia.pdf), Último acesso em Maio 2008.
- [7] C. Europeia, "PORTUGAL - Folha de dados de diversificação de energias," Disponível em: [http://ec.europa.eu/energy/energy\\_policy/doc/factsheets/country/pt/mix\\_pt\\_pt.pdf](http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/country/pt/mix_pt_pt.pdf), Janeiro de 2007.
- [8] Ministério da Economia e da Inovação: Disponível em: [http://www.portugal.gov.pt/NR/rdonlyres/8257CF32-E0FA-4DDA-AB07-DB396B837786/0/Nota\\_PNAEE.pdf](http://www.portugal.gov.pt/NR/rdonlyres/8257CF32-E0FA-4DDA-AB07-DB396B837786/0/Nota_PNAEE.pdf), Último acesso em Junho 2008.
- [9] NAESCO - National Association of Energy Service Companies: Disponível em: <http://www.naesco.org/resources/esco.htm>, Último acesso em Junho 2008.
- [10] E. Vine, "An international survey of the energy service company (ESCO) industry," *Energy Policy*, vol. 33, pp. 691-704, 2005.

- [11] EWEN - Soluções Globais em Energia e Ambiente: Disponível em: [www.ewen-energy.com](http://www.ewen-energy.com), Último acesso Maio 2008.
- [12] H. Laurikka, "Generating CO2 Emission Reductions through Energy Service Companies," Helsinki, 2002.
- [13] P. Bertoldi and S. Rezessy, *Energy Service Companies in Europe, Status Report 2005*: European Commission, Luxembourg 2005.
- [14] Brodies LLP and the assistance of SEA/Renue, *Making ESCOs Work: Guidance and Advice on Setting Up & Delivering an ESCO*: London Energy Partnership, c/o Greater London Authority, City Hall, The Queen's Walk, London SE1 2AA, February 2007.
- [15] G. E. Agency, "EPC Manual" in *Preparation of an EPC project: From the first idea to realisation*: Disponível em: [http://143.130.16.49/\(de\)/publ/pdf/epcman\\_engl.pdf](http://143.130.16.49/(de)/publ/pdf/epcman_engl.pdf).
- [16] NAESCO: Disponível em: <http://www.naesco.org>, Último acesso em Junho 2008.
- [17] The Australasian Energy Performance Contracting Association for the Energy Efficiency Best Practice Program in the Australian Department of Industry Science and Resources, "A Best Practice Guide to Energy Performance Contracts," Australia 2000.
- [18] C. Monteiro, "Market Mechanisms for promoting DSM ESCO - Energy service companies," Maio 2008.
- [19] ENERGY COMMISSION, "HOW TO HIRE AN ENERGY SERVICES COMPANY," Janeiro 2000.
- [20] Motiva: Disponível em: <http://www.motiva.fi/en/areas/energyconservationagreements/theescoconcept.html>, Último acesso em: Junho 2008.
- [21] ABESCO - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia: Disponível em: <http://www.abesco.com.br>, Último acesso em Maio 2008.
- [22] S. Sorrell, "The contribution of energy service contracting to a low carbon economy," *Final report to the Tyndall Centre for Climate Change Research under the project "Assessing energy services for a low carbon economy, SPRU, University of Sussex, Brighton*, 2005.
- [23] Tom Stoner CEO Econergy International Corporation, "Alternative Financing Models for Energy Efficiency Performance Contracting."
- [24] Kiona International, "Performance Contracting Models and Risk Management."
- [25] P. Pinheiro and A. Poole, "Porque o M&V é importante e como isto pode ser incorporado no mercado Brasileiro."
- [26] U.S. Department of Energy, "International Performance Measurement & Verification Protocol," Revisto em Março 2002.

- [27] R. a. A.-C. E. American Society of Heating, *Fundamentals <<<1997>> Ashrae handbook*. Atlanta: Ashrae, 1997.
- [28] EREN - Energy Efficiency and Renewable Energy: Disponível em: [www.eren.doe.gov/buildings/tools/directory](http://www.eren.doe.gov/buildings/tools/directory), Acedido em Maio de 2008.
- [29] C. Monteiro, "Contratos de Eficiência Energética para Edifícios de Habitação Social," Maio de 2008.
- [30] R. Freund, *Energy Performance Contracting for Small and Medium-Sized Municipalities: Guidelines for Success*: Energieverwertungsagentur (E.V.A.), 2000.
- [31] EUROPEAN COMMISSION, "'Energy Efficiency potential in buildings, barriers and ways to finance projects in New Member States and Candidate Countries'," Estonia, 6-8 Julho 2005.
- [32] "Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, de 17 de Abril."
- [33] Wikipedia: Disponível em: <http://pt.wikipedia.org>.
- [34] A. Teixeira, "AS LÂMPADAS FLUORESCENTES T5," Disponível em: [http://paginas.fe.up.pt/~arminio/lumiind/Lamp\\_Fluo\\_T5.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~arminio/lumiind/Lamp_Fluo_T5.pdf) 2007.
- [35] A. Teixeira: Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~arminio/teci/BalElec.pdf>, 2002/2003.
- [36] Centro de Aghorro y Eficiencia Energética de Madrid, "Guía de Aghorro Energético en Instalaciones Industriales," 2006.
- [37] European Communities, "GREENLIGHT EXAMPLES IN THE RETAIL SECTOR," 2002.
- [38] ADENE - Agência para a Energia: Disponível em: [www.adene.pt](http://www.adene.pt), Acedido em Março 2008.
- [39] PHILIPS: Disponível em: <http://www.philips.pt>, Acedido em Março de 2008.
- [40] Mundolighting - Grupo MCI, "Big White," 2008.
- [41] A. Costa, "Capítulo2, Máquinas de indução trifásicas, FEUP," Março 2006.
- [42] WEG: Disponível em: <http://www.weg.net/pt>, Acedido em Abril de 2008.
- [43] WEG, "Tabela de preços de componentes para controlo, comando e protecção de motores " Porgada 11/2007.
- [44] M. Luminosa, "Severino Cervelin," Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.



## Anexos

## Anexo A - Aplicação inicial da ferramenta desenvolvida

**Ferramenta de ajuda à negociação**

	Preço da energia	Taxa de actualização	Taxa de inflação
Reset	0,1143	0,08	0,03
Trocar balastros			
Trocar lampadas			
Trocar de T8 para T5			
Qualquer equipamento			
Medidas comportamentais			
Sub de equipamento de frio			
Motores			
Soluções			
Gravar Soluções			
Abrir Soluções gravadas			

Figura 27 - Form inicial da ferramenta desenvolvida.

## Anexo B - Funcionalidade para troca de balastros em lâmpadas fluorescentes

Troca de balastros magnéticos para electrónicos para lampadas T8

Descrição da instalação

Potência da lâmpada

Número de lampadas por luminária

Numero de luminárias

Número de horas de funcionamento anual

Incerteza [%]

0

Balastro a utilizar

Temperatura da cor

4000

Lampadas a utilizar

Poupança em energia por ano [kWh]

Mostrar solução

Sair

Concluir

Figura 28 - Form de troca de balastros para lâmpadas fluorescentes.

## Anexo C - Funcionalidade para troca de lâmpadas

Lâmpadas	
<p>Descrição da instalação</p> <input type="text"/>	<input type="radio"/> Solução automática <input type="radio"/> Solução manual
<p>Medida de Energia (anual)</p> <input type="text"/> kWh	
<p>Número de horas de funcionamento (anual)</p> <input type="text"/>	<p>Tipo de lâmpadas a utilizar a utilizar</p> <input type="text"/>
<p>Incerteza [%]</p> <input type="text"/> 0	
<p>Tipo de Lâmpadas utilizadas</p> <input type="text"/>	<p>Descrição</p> <input type="text"/>
<p>Número de lâmpadas</p> <input type="text"/>	<p>Referência</p> <input type="text"/>
<p>Potência das lâmpadas</p> <input type="text"/>	<p>Temperatura da cor</p> <input type="text"/>
<p>Reset</p>	<p>Numero de lâmpadas</p> <input type="text"/>
<p>Concluir</p>	<p>Potência da lâmpadas</p> <input type="text"/>
<p>Sair</p>	<p>Tempo de vida</p> <input type="text"/>
	<p>Energia anual [kWh]</p> <input type="text"/>
	<p>Preço de instalação [€]</p> <input type="text"/>

Figura 29 - Form de troca de tipo de lâmpadas.



## Anexo D - Funcionalidade para troca de tecnologia de lâmpadas fluorescentes

Troca de lâmpadas fluorescentes T8 para T5	
Descrição da instalação	Luminaria a utilizar
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potência da lâmpada actualmente utilizada	Preço da luminaria
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Número de lâmpadas por luminária	Balastro a utilizar
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo de balastro utilizado	Temperatura da cor
Balastro magnético	<input type="text"/>
Numero de luminárias	Lâmpadas a utilizar
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Número de horas de funcionamento anual	Poupança em energia por ano [kWh]
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Incerteza [%]	
0	
Mostrar solução	Sair
	Concluir

Figura 30 - Form de troca de lâmpadas fluorescentes T8 para T5.

## Anexo E - Funcionalidade que permite a inserção de qualquer equipamento que não esteja presente na base de dados do sistema

The form is titled "Descrição da instalação" and is set against a light blue background. It contains several input fields and buttons arranged in two columns. The left column includes fields for "Tipo de aparelhagem utilizado", "Potência actualmente utilizada por cada aparelho [W]", "Número de aparelhos", "Energia consumida anual", "Número de horas de funcionamento anual", and "Incerteza [%]" (with a dropdown menu showing "0"). The right column includes fields for "Aparelho a utilizar", "Tempo de vida (horas)", "Preço unitário", "Potência do aparelho", "Número de aparelhos", and "Poupança em energia por ano [kVWh]". At the bottom left is a large text area for "Descrição do procedimento". At the bottom right are three buttons: "Mostrar poupança", "Concluir", and "Sair".

Descrição da instalação	
Tipo de aparelhagem utilizado	Aparelho a utilizar
Potência actualmente utilizada por cada aparelho [W]	Tempo de vida (horas)
Número de aparelhos	Preço unitário
Energia consumida anual	Potência do aparelho
Número de horas de funcionamento anual	Número de aparelhos
Incerteza [%]	Poupança em energia por ano [kVWh]
Descrição do procedimento	Mostrar poupança
	Concluir
	Sair

Figura 31 - Form para a inserção de qualquer equipamento.

## Anexo F - Funcionalidade de caracterização das medidas comportamentais

**Medidas comportamentais**

Descrição da instalação

☐ Calculo do valor a oferecer ao cliente

Tipo de aparelho

Investimento inicial [€]

Custo da energia [€/kWh]

Energia gasta actualmente [kWh]

Duração do investimento

Percentagem de redução no consumo [%]

Incerteza [%]

0

Valor a oferecer ao cliente [c€/kW]

Valor a oferecer ao cliente [€/ano]

Tempo de retorno do investimento

TIR

Mostrar valor máximo

Mostra TIR, VAL

VAL

Concluir

Sair

Figura 32 - Form das medidas comportamentais.

## Anexo F - Funcionalidade de substituição de equipamentos de refrigeração

Troca de equipamento de frio		
<div>Descrição da instalação</div> <input type="text"/>		
<b>Solução Actual</b> Consumo diário [kWh] <input type="text"/>  Custo diário com a energia [€] <input type="text"/>  Temperatura média anual exterior [°C] <input type="text"/>		<b>Solução a Implementar</b>  Tipo de aparelho <input type="text"/>  Referência <input type="text"/>  Investimento inicial [€] <input type="text"/>  Consumo diário [kWh] <input type="text"/> Incerteza [%] <input type="text" value="0"/> <input type="button" value="▼"/>  Temperatura de teste do equipamento [°C] <input type="text"/> <input type="button" value="?"/>  Potência do aparelho [kW] <input type="text"/>  Temperatura média anual no sítio de implementação [°C] <input type="text"/>  Percentagem de aumento de consumo com aumento de 1°C da temperatura exterior <input type="text" value="15"/>  Tempo de vida <input type="text"/>
<div>Mostrar</div>		
Percentagem de energia poupada <input type="text"/>	Consumo diário actual [kWh] <input type="text"/>	
<div>Concluir</div>		
<div>Sair</div>		

Figura 33 - Form de substituição de equipamento de refrigeração.

## Anexo G - Funcionalidade de substituição de motores e/ou equipamento de controlo

Descrição da instalação

**Dados do motor utilizado**

Classe de Eficiência

Potência [kW]

Método utilizado

☐ Troca motor

**Dados do motor a utilizar**

Classe de Eficiência

Potência [kW]

Método utilizado

**Perfil de operação**

Tempo de operação anual [h] 2000  Incerteza (%) 0

5 % =	100h	regime nominal
10 % =	200h	a 90%
10 % =	200h	a 80%
25 % =	500h	a 70%
25 % =	500h	a 60%
10 % =	200h	a 50%
5 % =	100h	a 40%
5 % =	100h	a 30%
5 % =	100h	a 20%
100		

**Percentagem de Funcionamento**

Mostrar poupança

Energia consumida anualmente actualmente  kW

Energia a consumir futuramente  kW

Poupança anual esperada  €

Concluir

Sair

Figura 34 - Form de substituição de motores e /ou equipamento de controlo.

## Anexo H - Inserção das características dos diferentes grupos de O&M e de M&V

Mostra soluções																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Grupos de Operação e manutenção</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">Grupo 1</td><td>1 grupo 1</td></tr> <tr> <td>Descrição</td></tr> <tr> <td>Investimento inicial [€]</td></tr> <tr> <td>Custo anual de manutenção [€]</td></tr> <tr> <td rowspan="4">Grupo 2</td><td>2 grupo 2</td></tr> <tr> <td>Descrição</td></tr> <tr> <td>Investimento inicial [€]</td></tr> <tr> <td>Custo anual de manutenção [€]</td></tr> <tr> <td rowspan="4">Grupo 3</td><td>3 grupo 3</td></tr> <tr> <td>Descrição</td></tr> <tr> <td>Investimento inicial [€]</td></tr> <tr> <td>Custo anual de manutenção [€]</td></tr> </tbody> </table>		Grupos de Operação e manutenção		Grupo 1	1 grupo 1	Descrição	Investimento inicial [€]	Custo anual de manutenção [€]	Grupo 2	2 grupo 2	Descrição	Investimento inicial [€]	Custo anual de manutenção [€]	Grupo 3	3 grupo 3	Descrição	Investimento inicial [€]	Custo anual de manutenção [€]
Grupos de Operação e manutenção																		
Grupo 1	1 grupo 1																	
	Descrição																	
	Investimento inicial [€]																	
	Custo anual de manutenção [€]																	
Grupo 2	2 grupo 2																	
	Descrição																	
	Investimento inicial [€]																	
	Custo anual de manutenção [€]																	
Grupo 3	3 grupo 3																	
	Descrição																	
	Investimento inicial [€]																	
	Custo anual de manutenção [€]																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Grupos de Medição e Verificação</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">Grupo 1</td><td>1 grupo 1</td></tr> <tr> <td>Descrição</td></tr> <tr> <td>Investimento inicial [€]</td></tr> <tr> <td>Custo anual de manutenção [€]</td></tr> <tr> <td rowspan="4">Grupo 2</td><td>2 grupo 2</td></tr> <tr> <td>Descrição</td></tr> <tr> <td>Investimento inicial [€]</td></tr> <tr> <td>Custo anual de manutenção [€]</td></tr> <tr> <td rowspan="4">Grupo 3</td><td>3 grupo 3</td></tr> <tr> <td>Descrição</td></tr> <tr> <td>Investimento inicial [€]</td></tr> <tr> <td>Custo anual de manutenção [€]</td></tr> </tbody> </table>		Grupos de Medição e Verificação		Grupo 1	1 grupo 1	Descrição	Investimento inicial [€]	Custo anual de manutenção [€]	Grupo 2	2 grupo 2	Descrição	Investimento inicial [€]	Custo anual de manutenção [€]	Grupo 3	3 grupo 3	Descrição	Investimento inicial [€]	Custo anual de manutenção [€]
Grupos de Medição e Verificação																		
Grupo 1	1 grupo 1																	
	Descrição																	
	Investimento inicial [€]																	
	Custo anual de manutenção [€]																	
Grupo 2	2 grupo 2																	
	Descrição																	
	Investimento inicial [€]																	
	Custo anual de manutenção [€]																	
Grupo 3	3 grupo 3																	
	Descrição																	
	Investimento inicial [€]																	
	Custo anual de manutenção [€]																	

Figura 35 - Inserção de dados de O &M e de M&V.

## Anexo I - Negociação de custos e benefícios

Partilha de Custos																													
Mostra soluções																													
Investimento necessário 12408																													
<b>Cliente</b> Dados do empréstimo bancário Duração [anos] 1 Taxa de juro 1,00% Renda 0		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cliente</th> <th>ESCO</th> <th>Designação</th> <th>Fundos</th> <th>Duração [anos]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Capital próprio</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>I</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Empréstimo bancário</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Duração do investimento</td> <td></td> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Cliente	ESCO	Designação	Fundos	Duração [anos]	Capital próprio				I		Empréstimo bancário						Duração do investimento		5			
	Cliente	ESCO	Designação	Fundos	Duração [anos]																								
Capital próprio				I																									
Empréstimo bancário																													
Duração do investimento		5																											
		Investimento em falta 12408																											
		Investimento [%] Cliente 0,00% ESCO 0,00% Fundos 0,00%																											
<b>ESCO</b> Dados do empréstimo bancário Duração [anos] 1 Taxa de juro 100,00% Renda 0																													

Figura 36 - Form de partilha de custos.

Partilha de Benefícios					
<b>ESCO</b> Custos fixos anuais [t] MEV 110 MED 5 Encargos financeiros 0 <b>Soma 115</b>		<b>Cliente</b> Custos fixos anuais [t] Encargos financeiros 0		Receitas esperadas anuais [t] 2381,10 3396,48 4422,04	
Contrato					
	Cliente	ESCO	Fundo1	Fundo2	Soma
Valor fixo anual					0
% fixa anual					0,00%
% variável anual					0,00%
Mostra VAL e TIR					
Restante para o cliente	Valores esperados				
Valores cliente					

Figura 37 - Form de partilha de benefícios.

## Anexo J - Listagem do equipamento de iluminação existente na instalação do infantário

Instituto São José I.P.S.S									
Infantário	219	Crianças	Dos 4 meses até aos 2 anos						
Horário de funcionamento	7:30	às	19						
Limpeza diária	até às	20:30							
Local	Tipo	Lâmpadas/ luminária	Quantidade	Potência [W]	Horas de funcionament o / dia	Nº de dias/ mês	Horas de funcionamento / ano	Potência lâmpada + balastro	Energia consumida anual
Entrada	Fluorescente TLD	1	5	58	11	30	3960	68,5	1356,3
Entrada frente do infantário	Projectores de Halogénio	1	3	500	3	30	1080	500	1620
Globos exteriores	Incandescentes	1	5	60	1	30	360	60	108
Sala/ corredor piso 0	Fluorescente TLD	2	3	36	13	20	3120	43,6	816,192
Entrada ext. para o piso 1	Projectores de Halogénio	1	1	500	3	20	720	500	360
Corredor 1º piso	Fluorescente TLD	1	3	36	5	20	1200	43,6	156,96
WC 1º andar	Fluorescente TLD	2	2	58	13	20	3120	68,5	854,88
WC 1º andar	Fluorescente TLD	1	2	36	13	20	3120	43,6	272,064
Sala de berçário	Fluorescente TLD	2	1	58	5	20	1200	68,5	164,4
Sala de berçário	Fluorescente TLD	2	1	36	5	20	1200	43,6	104,64
Sala 1 ano	Fluorescente TLD	1	3	58	10	20	2400	68,5	493,2
Sala 2 anos	Fluorescente TLD	2	2	58	10	20	2400	68,5	657,6
Sala 2 anos	Fluorescente TLD	1	1	58	10	20	2400	68,5	164,4
Sala 3 anos	Fluorescente TLD	2	2	36	10	20	2400	43,6	418,56
Sala 3 anos	Fluorescente TLD	2	2	58	10	20	2400	68,5	657,6
Sala 4 anos	Fluorescente TLD	2	2	58	10	20	2400	68,5	657,6
Dormitorio 1º andar	Fluorescente TLD	2	2	58	4	20	960	68,5	263,04
Sala 5 anos	Fluorescente TLD	1	3	58	10	20	2400	68,5	493,2
ATL	Fluorescente TLD	1	4	58	6	20	1440	68,5	394,56
WC rés do chão	Incandescentes	2	2	60	13	20	3120	60	748,8
Lava mãos	Fluorescente TLD	2	1	58	6	20	1440	68,5	197,28
Refeitório	Fluorescente TLD	1	4	58	4	20	960	68,5	263,04
Maq lavar loiça	Fluorescente TLD	1	1	58	5	20	1200	68,5	82,2
								Energia anual [kWh]	11304,516

Figura 38 - Cargas de iluminação existentes na instalação do infantário.



## Anexo K - Listagem do equipamento de iluminação existente na instalação do lar de 3ª idade

Instituto S. José I.P.S.S											
Lar de terceira idade		60 ocupantes									
Pis o	Quantidade	Local	Tipo	Lâmpadas/luminária	Quantidade	Potência [W]	Horas de funcionamento / dia	Nº de dias / mês	Horas de funcionamento / ano	Potência da lâmpada mais balastro	Energia consumida anual
0	1	Hall de entrada	Fluorescente TLE	1	2	32	6	30	2160	40,4	174,528
0	1	Corredor	Fluorescente TLE	1	4	32	12	30	4320	40,4	698,112
0	1	Corredor	Incandescente	1	1	60	12	30	4320	60	259,2
0	1	Sala de convívio	Fluorescente TLE	1	4	32	14	30	5040	40,4	814,464
0	1	Escadas (a partir da sala de convívio)	Incandescente	1	2	60	6	30	2160	60	259,2
1	1	Escadas 1 para 2	Incandescente	1	1	60	6	30	2160	60	129,6
2	8	Quartos	Incandescente	1	1	60	5	30	1800	60	864
2	8	Wc Quartos	Incandescente	1	1	60	3	30	1080	60	518,4
2	1	Corredor	Incandescente	1	3	60	10	30	3600	60	648
2	1	Hall exterior	Incandescente	1	6	60	4	30	1440	60	518,4
2	1	Wc	F. Compacta	1	1	11	12	30	4320	11	47,52
2	1	Entrada do elevador	Fluorescentes TLD	2	1	36	6	30	2160	43,6	188,352
1	8	Quartos	Incandescente	1	1	60	5	30	1800	60	864
1	8	Wc Quartos	Incandescente	1	1	60	3	30	1080	60	518,4
1	1	Corredor	Incandescente	1	4	60	10	30	3600	60	864
1	1	Sala de apoio	Fluorescente TLE	1	2	32	14	30	5040	40,4	407,232
1	1	Sala de apoio	Incandescente	1	1	60	14	30	5040	60	302,4
1	1	Wc	Incandescente	1	1	60	24	30	8640	60	518,4
1	1	Entrada do elevador	Fluorescente TLD	2	1	36	6	30	2160	43,6	189,216
1	1	Ala exterior sul	Fluorescente TLE	1	4	32	5	30	1800	40,4	290,88
0	1	WC	Incandescente	1	2	60	24	30	8640	60	1036,8
0	1	Sala da direcção	Incandescente	1	2	60	2	30	720	60	86,4
0	1	Refeitório (exterior)	Fluorescente TLE	1	4	32	5	30	1800	40,4	290,88
0	1	Refeitório (interior)	Fluorescente TLE	1	5	32	5	30	1800	40,4	363,6
0	1	Corredor da enfermaria	Fluorescente TLE	1	2	32	24	30	8640	40,4	698,112
0	1	Sala para banhos	Fluorescente TLE	1	1	32	12	30	4320	40,4	174,528
0	3	Quartos	Incandescente	1	1	60	5	30	1800	60	324
0	1	2 Wc	Fluorescente TLD	1	1	58	4	30	1440	68,5	98,64
0	2	Quartos	Incandescente	1	1	60	5	30	1800	60	216
0	2	Wc dos quartos	Incandescente	1	1	60	3	30	1080	60	129,6
0	1	Hall dos quartos	Fluorescente TLE	1	2	32	12	30	4320	40,4	349,056
0	1	Quarto grande junto ao PL of Wc	Incandescente	1	3	60	5	30	1800	60	324
0	1	Wc polivalente	Fluorescente TLE	1	1	32	3	30	1080	40,4	43,632
0	1	Polivalente	Fluorescente TLE	1	8	32	2	30	720	40,4	232,704
-1	1	Corredor dos quartos	Incandescente	1	3	60	24	30	8640	60	1555,2
-1	1	Consultório	Incandescente	1	16	60	5	30	1800	60	1728
-1	8	Quartos	Incandescente	1	1	60	5	30	1800	60	864
-1	8	Wc quartos	Incandescente	1	1	60	3	30	1080	60	518,4
-1	1	Entrada das visitas	Incandescente	1	1	60	3	30	1080	60	64,8
-1	1	Sala de refeições	Fluorescente com	3	1	11	24	30	8640	11	285,12
-1	1	Cosinha de apoio	Fluorescente TLD	1	1	58	14	30	5040	68,5	345,24
-1	1	Entrada capela	Incandescente	1	1	60	6	30	2160	60	129,6
-1	1	Capela	Incandescente	1	5	60	1	30	360	60	108
-2	1	Escadas -1 para -2	Incandescente	1	2	60	24	30	8640	60	1036,8
-2	1	Lavandaria	Fluorescente TLD	2	3	58	12	30	4320	68,5	1775,52
-2	1	Lavandaria	Fluorescente TLD	1	1	58	12	30	4320	68,5	295,32
-2	1	Lavandaria	Incandescente	1	1	60	8	30	2880	60	172,8
-2	1	Exterior ao lado da lavandaria	Fluorescente TLD	1	3	58	8	30	2880	68,5	591,84
Consumo anual /kWh										22913,496	

Figura 39 - Cargas de iluminação existentes na instalação do lar.

## Anexo L - Anexos do EPC

### Anexo financeiro



#### Partilha de Custos e Proveitos

##### Definição

Os custos e os proveitos provenientes à implementação do projecto de eficiência energética podem ser distribuídos pelas diferentes entidades envolvidas no projecto e por outras entidades externas ao projecto.

##### Descrição

Os custos inerentes à implementação das diversas medidas de eficiência energética podem ser distribuídos pela ESCO pelo cliente e por outras entidades financiadoras, sendo que a ESCO é a responsável pelas outras entidades financiadoras. Assim como os custos também os proveitos podem ser distribuídos pelas diferentes entidades envolvidas no processo.

##### Partilha de custos

Os custos para a implementação deste projecto de eficiência energética são de 54659,28 €. Estes custos são distribuídos pelo cliente e pela ESCO, o cliente paga 0 € e a ESCO juntamente com os seus parceiros financeiros paga 54659,28 €.

O cliente terá de efectuar o pagamento à ESCO do montante ao qual se propôs pagar para a implementação no projecto no prazo de 5 dias úteis após a assinatura do contrato de performance de energia.

##### Partilha de proveitos

A remuneração da ESCO e do cliente é dada pela seguinte expressão:

Remuneração = proveito fixo + proveito variável

Em que:

- Proveito fixo = % dos consumos esperados;
- Proveito variável = % do desvio do consumo face ao consumo esperado.

O proveito fixo é calculado com base na poupança mínima esperada proveniente da implementação do projecto.

O proveito variável é calculado pela diferença entre o valor de poupança mínimo esperado e o valor real de poupança. Para calcular esta poupança são usados os preços de referência dados pelas entidades reguladoras do sector em questão.

Se a poupança verificada for inferior à poupança mínima garantida pela ESCO esta reserva se no direito de fazer uma auditoria às instalações que foram alvo das diferentes medidas para verificar o bom funcionamento dos diversos aparelhos. Se esta diferença, de gasto de energia, se dever a alterações ou anomalias provocadas pelo cliente este fica obrigado a pagar à ESCO o valor esperado de receita.

A remuneração é actualizada anualmente mediante a variação dos preços de referência das entidades reguladoras dos sectores correspondentes. Assim:

- $P_{n+1} = P_n * \%Rpg * \Delta n + P_n$ ;
- $\Delta n$  = Preço do recurso do ano [n+1] - Preço do recurso do ano [n];
- $\Delta n$  - Variação do custo do recurso;
- $P_n$  - Proveito fixo do ano n;
- $P_{n+1}$  - Proveito fixo do ano n+1;
- $\%Rpg$  - Percentagem do recurso em que existiu alteração do custo no proveito fixo do projecto.

O proveito fixo anual para a ESCO é de 5415,71 €, o cliente obtém um proveito fixo de 601,74 €.

As percentagens da receita variável para a ESCO é de 50%, o valor restante é para o cliente.

A poupança de energia mínima esperada no conjunto de todas as medidas do projecto é de 53393,6 kWh.

## Anexo técnico



### Iluminação

#### Definição da Tecnologia

A iluminação é um fenómeno físico da exposição de uma fonte de luz num ambiente que pode absorver ou reflectir a luz tornando-o visível. As fontes de luz visível dependem essencialmente do movimento de elétrons, a fonte de luz mais familiar é o Sol. Contudo muitas vezes é necessário recorrer a fontes de luz artificial (lâmpadas).

#### Descrição da tecnologia

A eficiência da iluminação não depende apenas da eficiência da lâmpada, mas depende também da eficiência da luminária e dos sistemas de controlo destas.

Dependendo do tipo de utilização pretendido existem vários tipos de lâmpadas de alta eficiência entre elas:

- Lâmpadas de LED para interior ou para exterior;
- Lâmpadas fluorescentes compactas associadas a um sistema de controlo;
- Lâmpadas fluorescentes tubulares T8 com balastos electrónicos, associados a um sistema de controlo electrónico;
- Lâmpadas fluorescentes tubulares T5 com balastos electrónicos, associados a um sistema de controlo electrónico;
- Lâmpadas de sódio de alta pressão, lâmpadas de halogéneos metálicos.

#### Medidas a implementar

Neste projecto serão implementadas várias medidas de eficiência energética na iluminação artificial:

Para além de outras vantagens os balastos electrónicos podem conseguir uma poupança energética até 47 % de energia face aos balastos convencionais. Por estes factos serão trocados na instalação Lar piso 0, 33 balastos magnéticos por 33 balastos electrónicos. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 513,22 kWh o que corresponde a um custo evitado de 57,84 €. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 256 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 6,9 € anuais.

Para além de outras vantagens os balastos electrónicos podem conseguir uma poupança energética até 47 % de energia face aos balastos convencionais. Por estes factos serão trocados na instalação Lar piso 1 ala exterior sul + sala de apoio, 6 balastos magnéticos por 6 balastos electrónicos. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 93,31 kWh o que corresponde a um custo evitado de 10,5€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 46,6 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 1,26 € anuais.

Para além de outras vantagens os balastos electrónicos podem conseguir uma poupança energética até 47 % de energia face aos balastos convencionais. Por estes factos serão trocados na instalação Infantário, 5 balastos magnéticos por 5 balastos electrónicos. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 66,91 kWh o que corresponde a um custo evitado de 7,5€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 33,4 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 0,9 € anuais.

Para além de outras vantagens os balastos electrónicos podem conseguir uma poupança energética até 47 % de energia face aos balastos convencionais. Por estes factos serão trocados na instalação Infantário, 12 balastos magnéticos por 12 balastos electrónicos. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 396 kWh o que corresponde a um custo evitado de 44,62€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 197,6 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 5,3 € anuais.

## Anexo técnico



Para além de outras vantagens os balastros electrónicos podem conseguir uma poupança energética até 47 % de energia face aos balastros convencionais. Por estes factos serão trocados na instalação Lar piso 0 2 Wc's, 1 balastro magnético por 1 balastro electrónico. Com esta medida espera-se obter uma poupança de energia anual de 18 kWh o que corresponde a um custo evitado de 2,03€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 8,98 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 0,24 € anuais.

Para além de outras vantagens os balastros electrónicos podem conseguir uma poupança energética até 47 % de energia face aos balastros convencionais. Por estes factos serão trocados na instalação Lar piso 1 entrada do elevador, 2 balastros magnéticos por 1 balastro electrónico. Com esta medida espera-se obter uma poupança de energia anual de 38,02 kWh o que corresponde a um custo evitado de 4,28€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 19 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 0,5 € anuais.

Para além de outras vantagens os balastros electrónicos podem conseguir uma poupança energética até 47 % de energia face aos balastros convencionais. Por estes factos serão trocados na instalação Lar piso 2 entrada do elevador, 2 balastros magnéticos por 1 balastro electrónico. Com esta medida espera-se obter uma poupança de energia anual de 38,02 kWh o que corresponde a um custo evitado de 4,28€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 19 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 0,5 € anuais.

Para além de outras vantagens os balastros electrónicos podem conseguir uma poupança energética até 47 % de energia face aos balastros convencionais. Por estes factos serão trocados na instalação Lar piso - 1 cozinha de apoio, 1 balastro magnético por 1 balastro electrónico. Com esta medida espera-se obter uma poupança de energia anual de 108 kWh o que corresponde a um custo evitado de 12,1716€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 54 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 1,45 € anuais.

Para além de outras vantagens os balastros electrónicos podem conseguir uma poupança energética até 47 % de energia face aos balastros convencionais. Por estes factos serão trocados na instalação Infantário, 12 balastros magnéticos por 6 balastros electrónicos. Com esta medida espera-se obter uma poupança de energia anual de 270,34 kWh o que corresponde a um custo evitado de 30,47€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 134,89 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 3,64€ anuais.

Troca do tipo de lâmpadas, na instalação Infantário. Nesta operação serão trocadas 4 lâmpadas do tipo Incandescentes por 4 lâmpadas do tipo Fluorescente compacta. Com esta medida espera-se obter uma poupança de energia anual de 611,52 kWh o que corresponde a um custo evitado de 68,92€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 305,13 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 8,24 € anuais.

Troca do tipo de lâmpadas, na instalação Lar piso 1. Nesta operação serão trocadas 9 lâmpadas do tipo Incandescentes por 9 lâmpadas do tipo Fluorescente compacta. Com esta medida espera-se obter uma poupança de energia anual de 1622,88 kWh o que corresponde a um custo evitado de 182,90 €. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 809,80 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 21,86 € anuais.

Troca do tipo de lâmpadas, na instalação Lar piso 2. Nesta operação serão trocadas 11 lâmpadas do tipo Incandescentes por 11 lâmpadas do tipo Fluorescente compacta. Com esta medida espera-se obter uma poupança de energia anual de 1093,63 kWh o que corresponde a um custo evitado de 123,25 €. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 545,68 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 14,73 € anuais.

## Anexo técnico



Troca do tipo de lâmpadas, na instalação Lar piso 0. Nesta operação serão trocadas 13 lâmpadas do tipo Incandescentes por 13 lâmpadas do tipo Fluorescente compacta. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 1834,56 kWh o que corresponde a um custo evitado de 206,75€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 915,38 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 24,71 € anuais.

Para além de outras vantagens os balastros electrónicos podem conseguir uma poupança energética até 47 % de energia face aos balastros convencionais. Por estes factos serão trocados na instalação Infantilário 2x 58W, 24 balastros magnéticos por 12 balastros electrónicos. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 756 kWh o que corresponde a um custo evitado de 85,20€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 377,21 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 10,18 € anuais.

Troca do tipo de lâmpadas, na instalação Lar piso - 1. Nesta operação serão trocadas 28 lâmpadas do tipo Incandescentes por 28 lâmpadas do tipo Fluorescente compacta. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 3069,16 kWh o que corresponde a um custo evitado de 345,89€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 1531,40 de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 41,35 € anuais.

Caso as condições de iluminação natural sejam alteradas no interior dos sectores onde foram implementadas as medidas de eficiência a ESCO reserva se no direito de reajustar as condições do contrato.

Caso o tipo de utilização e o número de horas de utilização dos locais onde foram implementadas as medidas de eficiência energética a ESCO reserva se no direito de reajustar os termos do contrato mediante a diferença horária de funcionamento da instalação.

No caso do cliente alterar o número de luminárias ou a potência dos sistemas de iluminação é obrigado a comunicar à ESCO essa alteração, caso contrário a ESCO reserva se no direito de alterar os termos contratuais referentes às medidas de energia nesses sectores de modo a repor a poupança energética provocada pelas medidas de eficiência implementadas.

No caso de avaria de equipamento devido a uso incorrecto do equipamento por parte do cliente este fica obrigado a pagar o custo da substituição do mesmo equipamento à ESCO.

### Medidas Comportamentais

#### Definição

O comportamento humano é o procedimento ou o conjunto das reacções observáveis em indivíduos em determinadas circunstâncias. Podendo ser descrito como uma contingência tríplice composta de antecedentes-respostas-consequências, ou respostas de um membro da contingência.

#### Descrição

Como consequência de alteração dos comportamentos das pessoas que utilizam uma dada instalação eléctrica podem surgir reduções ou aumentos do consumo da energia eléctrica. Para alterar os hábitos enraizados no utilizador é pago um valor resultante da energia poupada pelo mesmo.

#### Medidas a implementar

Por uso mais eficiente por parte do utilizador final do equipamento Maquinas de lavar e secar roupa, na instalação Lar lavanderia prevê-se que o utilizador consiga reduzir o consumo de energia em 10 %. Com esta redução esperada o Paga ao cliente 3c€/kW e 11,628por ano. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 387,6 kWh o que

## Anexo técnico



corresponde a um custo evitado de 43,68 €. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 193,40 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 5,22 € anuais.

Se a ESCO através da medição de consumos, provar que existiu um aumento de consumo face ao consumo medido antes de implementar as medidas de eficiência por parte do utilizador, o cliente tem de pagar à ESCO o valor referente à perda de receitas devido a esse aumento de consumo.

### Detectores de presença

#### Descrição da tecnologia

A introdução de detectores de presença nos quartos de banho pode levar a uma redução no tempo de utilização da instalação eléctrica entre 30 a 50 %.

#### Medida implementada

Infantário WC rés-do-chão, irá promover a substituição de 1 Lâmpada f.c. sem detector de presença por 1 detector de presença. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 13,73 kWh o que corresponde a um custo evitado de 1,55€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 6,85 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 0,18€ anuais.

#### Medida implementada

Lar WC 2º piso, irá promover a substituição de 1 Lâmpada sem detector de presença por 1 detector de presença. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 16,63 kWh o que corresponde a um custo evitado de 1,87€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 8,3 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 0,22€ anuais.

#### Medida implementada

Lar WC polivalente, irá promover a substituição de 1 Lâmpada sem detector de presença por 1 detector de presença. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 17,01 kWh o que corresponde a um custo evitado de 1,92€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 8,49 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 0,23 € anuais.

#### Medida implementada

Lar WC 1º piso, irá promover a substituição de 1 Lâmpada sem detector de presença por 1 detector de presença. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 33,26 kWh o que corresponde a um custo evitado de 3,75€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 16,59 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 0,45 € anuais.

#### Medida implementada

Lar 2 WC junto ao polivalente, que irá promover a substituição de 1 Lâmpada sem detector de presença por 1 detector de presença. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 36,29 kWh o que corresponde a um custo evitado de 4,09 €. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 18,1 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 0,5 € anuais.

#### Medida implementada

Lar WC piso 0, que irá promover a substituição de 1 Lâmpada sem detector de presença por 1 detector de presença. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 66,53 kWh o que corresponde a um custo evitado de 7,5 €. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 33,2 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a

□

## Anexo técnico



atmosfera o que representa 0,9 € anuais.

### Medida implementada

Infantário WC 1º andar, que irá promover a substituição de 1 Lâmpada sem detector de presença por 1 detector de presença. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 371,9 kWh o que corresponde a um custo evitado de 41,91 €. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 185,56 de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 5 € anuais.

### Troca de luminárias

#### Descrição da tecnologia

A utilização de luminárias adequadas e com um elevado rendimento proporcionam uma redução no consumo energético e aumento da iluminação do local. As lâmpadas fluorescentes de tecnologia T5 apresentam um aumento do rendimento luminoso de aproximadamente 20% face às lâmpadas fluorescentes de tecnologia T8.

#### Medida implementada

Lar -varanda de entrada no piso 0, que irá promover a substituição de 5 Luminárias com lâmpadas fluorescentes 1X 58 W por 5 Luminária Philips 4MX691 1X TL5 -49 W. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 247,5 kWh o que corresponde a um custo evitado de 27,89€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 123,49 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 3,33 € anuais.

#### Medida implementada

Infantário - ATL , irá promover a substituição de 4 Luminárias com lâmpadas fluorescentes 1X 58 W por 4 Luminária Philips 4MX691 1X TL5 -49 W com reflector 4MX693. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 72 kWh o que corresponde a um custo evitado de 8,11€. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 35,92 Kg de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 0,97 € anuais.

### Colectores solares térmicos

#### Descrição da tecnologia

Os colectores solares térmicos permitem obter uma redução no consumo de energia para aquecimento de água sanitária. Como utilizam um recurso natural e inesgotável, o sol, é uma energia limpa, sem efeitos nocivos para o ambiente.

#### Medida implementada

Colectores solares térmicos irá promover a substituição de 1 Aquecimento de água quente sanitária através de uma caldeira a gásóleo por 50 Instalação de 50 m<sup>2</sup> de colectores solares térmicos. Com esta medida espera se obter uma poupança de energia anual de 53238,69 kWh o que corresponde a um custo evitado de 6000 €. Em termos de CO<sub>2</sub> a implementação desta medida permitiu obter uma poupança de 26,5 Tn de CO<sub>2</sub> emitidas para a atmosfera o que representa 717 € anuais.

## Medição e verificação

### Definição

São todos os procedimentos que apuram a economia obtida que é base para o contrato de performance. “Não se pode gerir o que não se mede “ - Jack Welsh, da General Electric

### Descrição

A determinação precisa das economias propicia aos clientes um feedback valioso para a operação das suas instalações, o que lhes permite ajustar a administração de forma a obterem

## Anexo técnico



maiores economias de energia e uma redução da variabilidade das economias.

### Medidas a implementar

Devido à impossibilidade de realizar medição em todas as medidas implementadas, as medidas são agrupadas por grupos e é efectuada a medição da energia eléctrica para cada grupo. Os grupos de medição e verificação podem ter consumos de outros equipamentos que não estão abrangidos pelas medidas de eficiência energética, nesses casos pode existir a necessidade de efectuar a medição do número de horas de funcionamento de alguns equipamentos.

Neste projecto serão criados 3 grupos para medição e verificação de forma a agrupar todas as medidas efectuadas neste projecto.

Medidas implementadas:

Número da medida	Descrição	Local de implementação
1	Medidas comportamentais	Lar lavandaria
2	Troca de luminárias	Infantário - ATL
3	Troca de luminárias	Lar -varanda de entrada no piso 0
4	Collectores solares térmicos	Telhado - Ala Sul
5	Sensores de presença	Lar WC piso 0
6	Sensores de presença	Lar WC polivalente
7	Sensores de presença	Lar 2 WC junto ao polivalente
8	Sensores de presença	Lar WC 1º piso
9	Sensores de presença	Lar WC 2º piso
10	Sensores de presença	Infantário WC 1º andar
11	Sensores de presença	Infantário WC rés-do-chão
12	Troca de balastros	Lar piso 1 cozinha de apoio
13	Troca de tipo de lâmpadas	Lar piso 1
14	Troca de balastros	Lar piso 0
15	Troca de balastros	Lar piso 0 2 Wc's
16	Troca de tipo de lâmpadas	Lar piso 0
17	Troca de balastros	Lar piso 1 ala exterior sul + sala de apoio
18	Troca de balastros	Lar piso 1 entrada do elevador
19	Troca de tipo de lâmpadas	Lar piso 1
20	Troca de balastros	Lar piso 2 entrada do elevador
21	Troca de tipo de lâmpadas	Lar piso 2
22	Troca de tipo de lâmpadas	Infantário
23	Troca de balastros	Infantário
24	Troca de balastros	Infantário
25	Troca de balastros	Infantário 2x 58W

AT-Página 6 de 7

Figura 46 - Anexo técnico página 6 de 7



## Anexo técnico



26	Troca de balastros	Infantário
27	Substituição de motor	Lar - monta-cargas

O grupo Infantilário, instalado no quadro principal da instalação, na saída para a alimentação do quadro parcial número 7, incorpora as medidas número 2,10,11,22,23,24,25,26. Este grupo tem um investimento inicial de 100 € e um custo de operação anual de 50 €.

O grupo Lar pisos 0,1 e 2, é instalado no quadro eléctrico principal da instalação, nas saídas para os quadros parciais número 4,5,6 incorpora as medidas número 5,7,8,9,13,14,15,16,17,18,19,20,21,27. Este grupo tem um investimento inicial de 100 € e um custo de operação anual de 50 €.

O grupo Lar piso -1, é instalado no quadro eléctrico principal da instalação, na saída para o quadro parcial nº 3, incorpora as medidas número 3,6,12. Este grupo tem um investimento inicial de 100 € e um custo de operação anual de 50 €.

O cliente não pode alterar qualquer circuito eléctrico que pertença a um grupo de medição e verificação, sem dar conhecimento da ocorrência à ESCO, fica o cliente igualmente proibido de fazer qualquer alteração no equipamento de medição.

## Operação e Manutenção

### Definição

Realização de todos os meios necessários para o bom funcionamento dos sistemas.

### Descrição

A operação dos sistemas pode implicar a presença regular de técnicos qualificados junto dos mesmos sistemas. A manutenção dos sistemas é essencial para o bom funcionamento e bom desempenho dos sistemas para os quais são tomadas medidas de eficiência energética, caso a manutenção seja deficiente os sistemas podem não obter bons níveis de eficiência.

### Medidas a implementar

A operação e a manutenção de todas as medidas é realizado agrupando várias medidas em cada grupo de O&M. Assim cada grupo de O&M pode ser composto por várias medidas.

Neste projecto serão criados 2 grupos para O&M o de forma a agrupar todas as medidas efectuadas neste projecto.

O grupo 1, incorpora a operação e manutenção de todas as medidas de eficiência instaladas no edifício incorpora as medidas número 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27. Este grupo tem um investimento inicial de 0 € e um custo de operação anual de 50€. O custo de operação e manutenção tem uma inflação de 0 %.

O grupo de operação e manutenção dos sistemas solares térmicos incorpora as medidas número 4. Este grupo tem um investimento inicial de 0 € e um custo de operação anual de 50€. O custo de operação e manutenção tem uma inflação de 0 %.